المملكة العربيّة السعُودية — وزارة المعـارف

الإدارة العـامة للتعـليم الفـني

الجداول الفنية للكهرباء

للمدارس المهنيَّة الثانويَّة

والمعاهد الفنيّة



قررت وزارة المعارف تدريس هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

الجداول الفنية للكهرباء

المملكة العربيّة السعودية وزارة المعـارف
الإدارة العـامة للتعـليم الفـني

الجداول الفنية للكهرباء

للمدارس المهنيّـة الثـانويّـة
والمعاهـد الفنـيّة

تأليف :
ألويس شيللر

طبع على نفقة وزارة المعارف - يوزّع مجّانًا ولا يباع

1st Arabic Edition 1979
ISBN 3–88301–008–1

Title of the original German edition:
Westermann Elektro-Tabellen
5th Edition
Copyright 1974 by Georg Westermann Verlag,
Braunschweig/Federal Republic of Germany

Translation and Production:
Interpart, Stuttgart/Federal Republic of Germany

By order of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH - German Agency for Technical Cooperation, Ltd. (GTZ) - within the scope of the technical co-operation between the Kingdom of Saudi Arabia and the Federal Republic of Germany.

Typeset and printed in the Federal Republic of Germany

الطبعة الأولى باللغة العربية ١٩٧٩
ISBN 3–88301–008–1

عنوان الطبعة الأصلية باللغة الألمانية:
«Westermann Elektro-Tabellen»
الطبعة الخامسة
حقوق الطبع لعام ١٩٧٤: محفوظة لدار النشر «جيورج ڤيسترمان» براون شفايج

قام بالترجمة والإنتاج:
إنترپارت – شتوتغارت – جمهورية ألمانيا الاتحادية
بتكليف من الهيئة الألمانية للتعاون الفني – هيئة ذات مسؤولية محدودة
Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
في إطار التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية وجمهورية ألمانيا الاتحادية.

تم التجميع والطبع في جمهورية ألمانيا الاتحادية

مقـــدّمة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ (١) خَلَقَ الْإِنسَانَ مِنْ عَلَقٍ (٢) اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ (٣) الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ (٤) عَلَّمَ الْإِنسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ (٥)

صدق الله العظيم

أخي الطالب،

إنك يا أخي أهم ثروة يملكها الوطن الغالي، فلا الثروة البترولية ولا الثروة المعدنية تضمن لنا التقدم والازدهار، فكلها زائل طال الزمن أو قصر، ولكن تمسكك يا أخي الطالب بعقيدتك الإسلامية ومبادئ دينك الحنيف وحضارتك العريقة وبالعلم النافع، ومعرفتك بالتكنولوجيا الحديثة واستفادتك الكاملة من التقدم التقني، هذه جميعها بعون الله وقوته تضمن لنا التقدم والازدهار والمنعة.

لهذا فإنه يسعدني أن أقدم لك هدية وزارة المعارف:

«الجداول الفنية للكهرباء»
للمدارس المهنية الثانوية والمعاهد الفنية

والله من وراء القصد... وهو ولي التوفيق،،،

مدير عام التعليم الفني

الدكتور المهندس/ محمد حامد المطبقاني

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم فني للكتاب

أعدت جداول المواد والحسابات والموصلات الكهربائية لكي يستخدمها - في المقام الأول -المثقفون من العاملين المتخصصين والمشرفين والمهندسين.

وقد بذلت كل الجهود لتيسير الحصول على القيم والمعلومات المطلوبة بسرعة وسهولة، هذا إلى جانب تحقيق تجميع شامل للمعلومات الهامة وتيسير الاختيار العملي لعناصر التوصيلات الكهربائية وغيرها.

وقد بذل في وضع كتاب الجداول هذا مجهود فائق وعناية كبيرة. ففي مجال المواد العديدة، يقدم الكتاب مختارات مناسبة تمكن من الحصول على القيم المطلوبة بصورة سريعة ومؤكدة.

وقد روعي في كل الحالات الواردة في هذا الكتاب نشرات المواصفات الصادرة حديثا، إلى جانب تعليمات الهيئات المتخصصة في هذا المجال.

ولما كان هذا الكتاب مترجما من الأصل الألماني. فقد رؤي لصالح القارئ والمستفيد بهذا الكتاب الاحتفاظ بالأرقام المستعملة في الغرب. عربية الأصل أوربية الاستخدام. وكذلك الإبقاء على الحروف الأبجدية اليونانية (الإغريقية) واللاتينية المستخدمة في الصيغ والمعادلات والجداول بشكلها الأصلي قدر الإمكان، وذلك حفاظا على الاتصال العلمي مع المراجع الأجنبية والتعود على ذلك. إلى جانب ما لهذه الأرقام من مزايا عدم الخلط بين بعضها البعض ووضوح الصفر وسهولة التعامل وإجراء الحساب بالحاسبات الالكترونية وما إلى ذلك من الوسائل المستحدثة في مجال الاستخدام التكنولوجي والعلمي للحصول على المعلومات، فضلا عما في ذلك من فائدة جمة في إثراء مادة الكتاب بعدد كبير من الحروف الغربية واليونانية التي لا يمكن الخلط بينها وبين الكتابة العربية أثناء القراءة.

وقد نشأت في هذا الصدد عدة صعوبات في التطبيق أهمها مشكلة التوفيق بين طريقة الكتابة العربية التي تقرأ من اليمين وبين كتابة الصيغ والمعادلات والأعداد وتمييزها بالإفرنجية والتي تقرأ من اليسار. وللتغلب على هذه الصعوبة رؤي أنه من الأفضل اتباع قاعدة ثابتة هي أن ما يقرأ بالعربية يكتب من اليمين إلى اليسار أما ما هو إفرنجي فيكتب من اليسار إلى اليمين حتى ولو اعترض أو ضمن جملة عربية . وقد يجد المرء صعوبة في أول الأمر إلا أن ذلك ما يلبث أن يتلاشى بحكم التعود. ولتكن هذه التجربة رائدة في مجال ربط العالم العربي بالتكنولوجيا الحديثة في الدول الأكثر تطورا.

ونظراً لأن هذا الكتاب مستند اساساً على المواصفات القياسية «DIN»، فقد اتفق على ترك الرموز الواردة به وغير المصنفة في النظام الدولي "SI" كما هي بأصل الكتاب الألماني.

ونأمل بتقديم هذا الكتاب للطالب والقارئ العربي، أن نكون قد خطونا خطوة إيجابية في سبيل تسهيل نقل الخبرة التكنولوجية الأوروبية المتطورة ووضعها رهن إشارة الفني العربي لتكون دعامة له على طريق تحقيق التطور والتقدم التكنولوجي في الأمة العربية لتصبح نداً يستوعب ويجاري وينافس التكنولوجيا الصناعية الأوروبية.

كلل الله كل الأعمال البناءة بالنجاح.

والله ولي التوفيق...

الجداول الفنية للكهرباء

المواد
الحسابات
الموصلات

وضع ألويس شيلو

الموصلات



المواد

العناصر أو المواد الأساسية

تسمى المواد التي تتركب من ذرات متشابهة ولا يمكن تحليلها بالطرق الكيميائية إلى مواد أبسط منها بالمواد الأساسية أو العناصر . وهناك 103 عناصر معروفة في الطبيعة .

الترتيب الدوري للعناصر

الدورة (العدد الذري)	المجموعات 0	I a	I b	II a	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII
0 (0...1)	n	H														
1 (2 ... 9)	He	Li		Be		B			C		N		O		F	
2 (10 ... 17)	Ne	Na		Mg		Al			Si		P		S		Cl	
3 (18... 35)	Ar	K	Cu	Ca	Zn	Sc	Ga	Ti	Ge	V	As	Cr	Se	Mn	Br	Fe Co Ni
4 (36 ... 53)	Kr	Rb	Ag	Sr	Cd	Y	In	Zr	Sn	Nb	Sb	Mo	Te	Tc	J	Ru Rh Pd
5 (54 ... 85)	X	Cs	Au	Ba	H	(أ	Tl	Hf	Pb	Ta	Bi	W	Po	Re	At	Os Ir Pt
6 (86 ... 102)	Rn	Fr		Ra		(ب										

أ) اللانثاليدات (الترابيات النادرة) – الدورة 5 – المجموعة III a – الرمز الكيميائي والعدد الذري

La	Ce	Pr	Nd	Il	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Cp
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71

ب) الأستينيدات – الدورة 6 – المجموعة III a – الرمز الكيميائي والعدد الذري

Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103

تصنّف العناصر في الخانات الأفقية بترتيب تصاعدي طبقا للوزن الذري. أما الخانات الرأسية فتضم العناصر المتقاربة كيميائيا (المجموعات الرئيسية «a» ، والمجموعات الفرعية «b» ، والتي يمكن أن تحل محل بعضها في السبائك في أحوال كثيرة بسبب قرابتها الكيميائية . وبصفة عامة يكون للعناصر التابعة لمجموعة معينة – رئيسية أو فرعية – نفس التكافؤ .

مثال : المجموعة 0 : غازات خاملة صفرية التكافؤ . (تستخدم للأنابيب الضوئية)

المجموعة I : أحادية التكافؤ والمجموعة II : ثنائية التكافؤ وهكذا حتى المجموعة VIII التي تكون ثمانية التكافؤ بالنسبة للأكسيجين . كذلك فإن هناك أيضا ترتيبات محددة لعناصر مجموعة معينة بالنسبة للهيدروجين .

الذرة

أصغر جزء في عنصر كيميائي لا يمكن تجزئته أو تفكيكه بطرق كيميائية . تتكون الذرة من نواة وإلكترونات تدور حول النواة .

أمثلة

ذرة	الهيدروجين	الهليوم	الأكسيجين	الألومنيوم
العدد الذري	1	2	8	13
الدورة	0	1	1	2
المجموعة	I	0	VI b	III a
الشكل الرمزي				

الجزيء

أصغر جزء في جسم ما لا يمكن تصوّر تجزئته أو تفكيكه بوسائل ميكانيكية . يتكون الجزيء من ذرات متشابهة أو غير متشابهة ويمكن تفكيكه إليها بطرق كيميائية .

نوع المكعب	مكعب متمركز الأوجه	مكعب متمركز الجسم
تمثيل رمزي لتكوين الجزيء		

وتوجد إلى جانب ذلك جزيئات ذات تركيب بنائي غير منتظم (غير متبلور)

مثال ذلك جزيئات الزجاج والشمع والغراء .

تصنيف العناصر

التصنيف ⬅	فلزات (معادن)	لا فلزات (لا معادن)
حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة ⬅	صلب باستثناء الزئبق السائل	صلب أو غازي باستثناء البروم السائل

المعادن

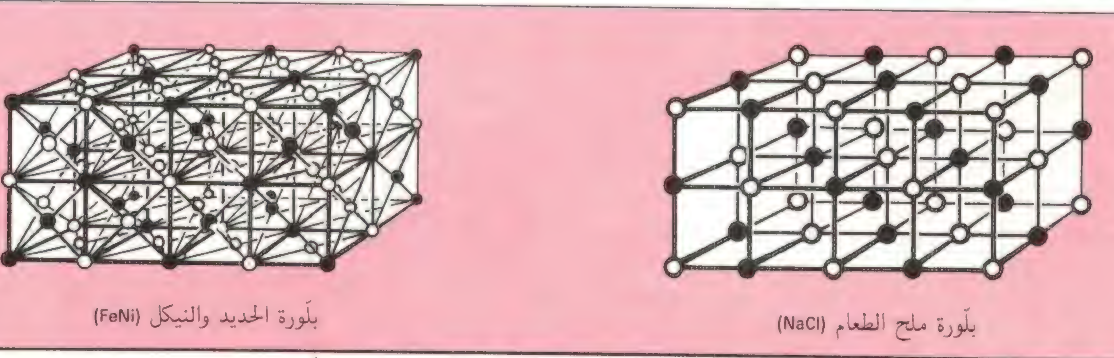
- معادن حديدية
- معادن لا حديدية
- معادن ثقيلة $\varrho > 5\ kg/dm^3$
- معادن خفيفة $\varrho < 5\ kg/dm^3$

أهم العناصر – الكتلة الذرية النسبية [1] – الرموز

العنصر	الكتلة	الرمز	العنصر	الكتلة	الرمز	العنصر	الكتلة	الرمز
أكتنيوم	(227)	Ac	كاليفورنيوم	(251)	Cf	روبيديوم	85,47	Rb
ألومنيوم	26,98	Al	بوتاسيوم	39,10	K	روتينيوم	101,07	Ru
أمريكيوم	(243)	Am	كالسيوم	40,08	Ca	ساماريوم	150,35	Sm
أنتيمون	121,75	Sb	كوبلت	58,93	Co	أكسجين	15,99	O
أرجون	39,95	Ar	كربون	12,011	C	كبريت	32,06	S
زرنيخ	74,92	As	كربتون	83,80	Kr	سلنيوم	78,96	Se
استاتين	(210)	At	نحاس	63,55	Cu	فضة	107,87	Ag
باريوم	137,34	Ba	لنثانوم	138,91	La	سليكون	28,086	Si
بركليوم	(247)	Bk	ليثيوم	6,94	Li	سكانديوم	44,96	Sc
بيرليوم	9,012	Be	لوتسيوم	174,97	Lu	نتروجين	14,01	N
رصاص	207,19	Pb	مغنسيوم	24,312	Mg	استرنشيوم	87,62	Sr
بورون	10,81	B	منجنيز	54,94	Mn	تنتالم	180,95	Ta
بروم	79,90	Br	موليبدنم	95,94	Mo	تكنتيوم	(99)	Tc
كلور	35,45	Cl	صوديوم	22,99	Na	تيلوريوم	127,60	Te
كروم	51,99	Cr	نيوديميوم	144,24	Nd	تربيوم	158,9	Tb
كوريوم	(247)	Cm	نيون	20,183	Ne	ثاليوم	204,37	Tl
ديسبروسيوم	162,46	Dy	نبتونيوم	(237)	Np	ثوريوم	232,04	Th
حديد	55,85	Fe	نيكل	58,71	Ni	ثليوم	168,9	Tm
إربيوم	167,26	Er	نيوبيوم	92,91	Nb	تيتانيوم	47,90	Ti
هيروبيوم	152	Eu	أزميوم	190,2	Os	يورانيوم	238,03	U
فلور	19	F	بلديوم	106,4	Pd	فانديوم	50,94	V
فرنسيوم	(223)	Fr	فوسفور	30,97	P	هيدروجين	1,008	H
جدولينيوم	157,25	Gd	بلاتين	195,09	Pt	بزموت	208,98	Bi
جاليوم	69,72	Ga	بلوتونيوم	(242)	Pu	تنجستن (ولفرام)	183,85	W
جرمنيوم	72,6	Ge	بولونيوم	(210)	Po	زينون	131,30	Xe
ذهب	196,97	Au	براسوديميوم	140,9	Pr	يتربيوم	173,04	Yb
هفنيوم	178,5	Hf	بروميثيوم	(147)	Pm	يتريوم	88,91	Y
هليوم	4,003	He	بروتكتنيوم	(231)	Pa	سيزيوم	132,91	Cs
هلميوم	164,93	Ho	زئبق	200,6	Hg	سريوم	140,12	Ce
انديوم	114,82	In	راديوم	(226)	Ra	زنك	65,37	Zn
إريديوم	192,20	Ir	رادون	(222)	Rn	قصدير	118,69	Sn
يود	126,90	J	رنيوم	186,2	Re	زركونيوم	91,22	Zr
كادميوم	112,40	Cd	روديوم	102,91	Rh			

البلورات

البلورة هي الشكل الطبيعي للعنصر وتنشأ من تجمع أي عدد من ذرات العنصر تجمعا منتظما شاملا بشكل شبيكات فراغية.
أمثلة لترابط وحدات بناء المادة (ذرات أو جزيئات).



بلّورة ملح الطعام (NaCl) — بلّورة الحديد والنيكل (FeNi)

[1] في العناصر المشعة تعطي القيمة الموجودة بين قوسين الكتلة الذرية للنظير ذي العمر الإشعاعي الأطول



الكثافة

كثافة المادة ρ هي خارج قسمة الكتلة m على الحجم V ، أي $\frac{m}{V}$

كثافة المعادن النقية وأشباه المعادن (kg/dm³)

المادة	الكثافة	المادة	الكثافة	المادة	الكثافة
ألومنيوم	2,7	نحاس	8,9	سليكون	2,4
ألومنيوم مصبوب	2,56	نحاس مصبوب	8,5	تنتالم	16,65
رصاص	11,34	مغنسيوم	1,74	تيتانيوم	4,43
رصاص سائل (350°C)	10,7	منجنيز	7,2	يورانيوم	19,0
كروم	6,92	موليبدنم	10,2	فاناديوم	6,07
حديد	7,85	نيكل	8,9	بزموت	9,8
ذهب	19,3	بلاتين	21,45	تنجستن	19,3
إريديوم	22,42	زئبق	13,55	سيزيوم	1,9
كادميوم	8,64	سلنيوم معدني	4,8	زنك	7,14
بوتاسيوم	0,85	فضة	10,5	قصدير	7,28

كثافة السبائك (kg/dm³)

المادة	الكثافة	المادة	الكثافة	المادة	الكثافة
سبيكة الألدري	2,7	كونستانتان	8,8	فولاذ ريمانيتي	≈ 7,8
برونز الألومنيوم	≈ 8,0	كروبين	8,1	ريوتان	8,6
البرونز والبرونز القصديري	≈ 8,5	سبيكة محامل	7...10	سبيكة برونز المدافع الأحمر	8,7
معدن دلتا	≈ 8,6	قصدير الخام	7,5...9,8	سيلومين	≈ 2,6
ديورالومين	≈ 2,8	منجنين	≈ 8,4	معدن مقاومات WM 13	7,8
صاج المولدات	≈ 7,7	نحاس أصفر ، فضة ألمانية	≈ 8,5	معدن مقاومات WM 30	8,7
حديد الزهر الرمادي	7,4	نيكوليت	≈ 8,8	معدن مقاومات WM 43	8,7
فولاذ الصب	7,85	فولاذ نيكل كروم	8,3	معدن مقاومات WM 50	8,8
الكترون	1,82	برونز فوسفوري	8,9	WM 100	8,5
إنفار	8,7	سبيكة البرمالوي	8,6	WM 110	8,2
إيزابللين	8,0	البلاتين والاريديوم	21,6	WM 140	7,2

كثافة المواد اللامعدنية (kg/dm³)

المادة	الكثافة	المادة	الكثافة	المادة	الكثافة
أسبستوس	≈ 2,5	نسيج مصلّد ، ورق	≈ 1,35	صيني	≈ 2,25
كرتون الأسبستوس	1,2	مركّب مانع التسرب للكابلات	≈ 1,4	قوالب الفحم	≈ 1,25
أسفلت	≈ 1,3	كربيد الكالسيوم	2,22	خشب حبيبي	≈ 1,3
قار	≈ 1,2	كاولين	2,2	كوارتز	2,65
خشب الزان	0,8	خشب التنوب	0,7	فحم المعوجات	≈ 1,9
خشب البلوط	0,9	فلين	≈ 0,28	النشادر (كلوريد النشادر)	1,52
خشب الصنوبر	0,6	خشب اللارقس (اللاريس)	0,65	أردواز	2,8
زجاج النوافذ	≈ 2,5	رخام ، مرمر	≈ 2,8	خبث	≈ 2,75
منتجات الميكا	≈ 2,2			كبريت	2,0
جرافيت	≈ 2,1	ميكانيت (التدفئة وأعضاء توحيد التيار)	2,5	شيلاك (جملكة)	1,5
مطاط	≈ 1,45	ورق	1,1	خشب التنوب	1,6
مطاط مصلّد	≈ 1,22	صنوبر راتنجي (خشب عزيزي)	0,9	فبر مصلّد	1,4

كثافة المواد السائلة عند 18°C (kg/dm³)

المادة	الكثافة	المادة	الكثافة	المادة	الكثافة
كحول	0,79	البوتاسا الكاوية بتركيز 30%	1,290	زئبق عند درجة حرارة 20°C	13,546
إثير	0,72	البوتاسا الكاوية بتركيز 50%	1,510	حامض الكبريتيك H_2SO_4 بتركيز 25%	1,180
بنزين (خفيف)	0,68	كبريتات النحاسيك $CuSO_4$ بتركيز 10%	1,108	حامض الكبريتيك بتركيز 50%	1,397
في درجة حرارة 15°C	حتى 0,72	زيوت كتانية عند درجة حرارة 15°C	0,94	حامض الكبريتيك بتركيز 75%	1,671
بنزول	0,88	زيت معدني (قيمة متوسطة)	0,91	حامض الكبريتيك بتركيز 100%	1,833
جلسرين	1,26	نفط	0,76	حامض الهيدروكلوريك بتركيز 10%	1,048
بوتاسا كاوية KOH بتركيز 10%	1,091	زئبق عند درجة حرارة 0°C	13,595	حامض الهيدروكلوريك بتركيز 30%	1,151

كثافة المواد الغازية بوحدة (kg/m³) تحت الظروف القياسية (1,01 bar; 0°C)

المادة	الكثافة	المادة	الكثافة	المادة	الكثافة
أمونياك (غاز النشادر)	0,771	غاز الاستصباح	0,49	هيدروجين	0,09
أستيلين	1,171	أكسيجين	1,429	بخار الماء	0,816
غاز المولدات	1,141	نتروجين	1,34		

المقاومة النوعية – الموصلية – معامل درجة الحرارة

المقاومة النوعية لمادة ما هي مقاومة موصل طوله 1 m ومساحة مقطعه $1\ mm^2$ ويمكن اعطاء قيم المقاومة النوعية لدرجات حرارة مختلفة.

الرمز ϱ: وحدة القياس : $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

ϱ

وحدة القياس للسوائل : $\frac{\Omega \cdot cm^2}{cm}$ أو $\Omega \cdot cm$

وحدة القياس للمواد العازلة : $\frac{\Omega \cdot cm^2}{cm}$ أو $\Omega \cdot cm$ أو $M\Omega \cdot cm$

الموصلية (قدرة التوصيل) : **هي مقلوب المقاومة النوعية**

الرمز ϰ: وحدة القياس : $\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$ أو $\frac{S \cdot m}{mm^2}$

ϰ

وتقدر الموصلية عادة ايضا بالوحدات : $\frac{\mu S \cdot m}{mm^2}$ أو $\frac{mS \cdot m}{mm^2}$

ويعطي **معامل درجة الحرارة** مقدار تغير مقاومة مادة ما (بالزيادة أو النقصان) بالأوم لكل أوم ، عند ارتفاع درجة حرارتها بمقدار 1°C.

الرمز α: وحدة القياس : $\frac{1}{K}$

α

المعدن	ϱ $\left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}\right)$	ϰ $\left(\frac{S \cdot m}{mm^2}\right)$	α $\left(\frac{1}{K}\right)$
سلك ألومنيوم	0,0303	33	0,0036
سبيكة الألدري	0,033	30	0,004
نحاس	0,01786	56	0,0039
نحاس ساخن (للملفات)	0,02	50	0,004
مغنسيوم	0,044	22,7	0,0041
نحاس أصفر	0,75	13,3	0,0015
موليبدنوم	0,056	17,9	0,0046
نيكل	0,07	14,3	0,006
أزميوم	0,105	9,5	0,0042
رصاص	0,22	4,8	0,0042
برونز (برونز أبيض)	0,0208	48	–
سلك برونزي 1	0,0208	48	–
سلك برونزي 2	0,028	36	–
باريوم	0,4	2,5	–
بلاتين	0,108	9,25	0,004
سبيكة البلاتين والإريديوم	0,25	4	0,0012
سبيكة البلاتين والروديوم	0,2	5	0,0017
سبيكة البلاتين والفضة	0,25	4	0,0003
زئبق	0,958	1,04	0,0009
بيرليوم	0,075	13,33	0,0067
كروم	0,15	6,67	–
كروميل	1,1	0,9	0,0001
حديد (قيمة متوسطة)	0,1	10	0,005
سبيكة حديد مع سليكون	0,45	2,23	–
روديوم	0,047	21,3	0,0044
فضة	0,0163	61,35	0,004
سليكون	1000	0,001	–
سلك فولاذي (تعليمات VDE 8300)	0,14	7,1	0,0045
تنتالم	0,13	7,7	0,0033
جرمانيوم	890	0,0011	0,0014
ذهب	0,024	41,67	0,004
حديد الزهر الرمادي	≈1,0	≈1,0	0,0045
سبيكة الإنفار	0,75	1,33	0,002
تيتانوم	0,5	2	0,0042
يورانيوم	0,32	3,125	0,0021
فانديوم	0,2	5	0,0035
بزموت	1,1	0,91	0,0045
تنجستن	0,055	18,8	0,0048
أريديوم	0,05	20	0,0041
كادميوم	0,068	14,71	0,0042
كالسيوم	0,047	22,3	0,0042
كوبلت	0,057	17,5	0,0066
سيزيوم	0,2	5	0,005
زنك	0,06	16,7	0,0042
قصدير	0,11	9,1	0,0046
زركونيوم	0,41	2,44	0,0044

الفحم	ϱ $\left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}\right)$	ϰ $\left(\frac{S \cdot m}{mm^2}\right)$	α $\left(\frac{1}{K}\right)$
كربون نقي في درجة حرارة 0°C	35,0	0,0286	0,000 45 قيمة متوسطة
كربون في درجة حرارة 1000°C	21,0	0,0476	
جرافيت في درجة حرارة 0°C	8,0	0,125	
جرافيت في درجة حرارة 1000°C	8,7	0,115	
فتيل كربوني في المصابيح المتوهجة في الحالة الباردة.	30	0,033	0,000 45 قيمة متوسطة
اصبع كربوني متجانس، في الحالة الباردة.	65	0,0154	
فحم معوجات، في الحالة الباردة	100	0,01	



السوائل	درجة الحرارة أو التركيز	$\varrho\ (\frac{\Omega\ cm^2}{cm})$	$\varkappa\ (\frac{S \cdot cm}{cm^2})$	$\alpha\ (\frac{1}{K})$
ماء نقي في درجة حرارة	0°C	$6{,}3 \cdot 10^7$	$1{,}6 \cdot 10^{-8}$	القيمة المتوسطة لهذه المحاليل هي 0,02
ماء نقي في درجة حرارة	+10°C	$3{,}5 \cdot 10^7$	$2{,}85 \cdot 10^{-8}$	
ماء نقي في درجة حرارة	+50°C	$5{,}3 \cdot 10^6$	$1{,}89 \cdot 10^{-7}$	
كلوريد النشادر	5%	10,89	0,0918	
(النشادر NH_4Cl)	25%	2,48	0,4025	
كبريتات الكادميوم	5%	68,5	0,0146	
(زاج الكادميوم $CdSO_4$)	25%	23,26	0,0430	
البوتاسا الكاوية	5%	4,2	0,24	
(KOH)	25%	1,85	0,54	
محلول ملح الطعام	5%	14,88	0,067	
كلوريد الصوديوم ($NaCl$)	25%	4,68	0,2135	

السوائل	التركيز	$\varrho\ (\frac{\Omega\ cm^2}{cm})$	$\varkappa\ (\frac{S \cdot cm}{cm^2})$	$\alpha\ (\frac{1}{K})$
كبريتات النحاس	2,5%	91,75	0,0109	القيمة المتوسطة لهذه المحاليل هي 0,02
(الزاج الأزرق $CuSO_4$)	10%	31,25	0,0320	
صودا كاوية	5%	5,08	0,1969	
($NaOH$)	25%	3,91	0,256	
حامض الهيدروكلوريك	5%	2,53	0,3948	
(HCl)	25%	1,41	0,708	
حامض الكبريتيك	5%	4,97	0,2085	
(H_2SO_4)	10%	2,56	0,3915	
	20%	1,53	0,6527	
	40%	1,47	0,6800	
كبريتات الزنك	5%	52,36	0,0191	
(الزاج ، $ZnSO_4$)	25%	20,83	0,0480	

سبائك المقاومات (الأسماء التجارية)

التسمية	$\varrho\ (\frac{\Omega \cdot mm^2}{m})$	$\varkappa\ (\frac{S \cdot m}{mm^2})$	$\alpha\ (\frac{1}{K})$	درجة حرارة التشغيل القصوى °C
نيكل كروم	1,0...1,2	1...0,83	0,00003	1000
ايزابللين	0,5	2	عملياً 0	400
كانتال	1,45	0,69	0,00006	1300
كونستانتان	0,5	2	عملياً 0	400
منجنين	0,43	2,33	عملياً 0	300
ميجافير	1,4	0,71	0,00004	1300
نيكلين	0,4	2,5	0,0003	300
ريوتان	0,53	1,89	0,00004	250

• النحاس للهندسة الكهربائية

التسمية		$\varrho_{20}\ (\frac{\Omega \cdot mm^2}{m})$
سلك ملدّن		1/57 =0,01754
سلك مسحوب على البارد	Ø ≧ 1,0 mm	1/56 =0,01786
	Ø < 1,0 mm	1/55 =0,01818
سلك ملدّن مطلي بالقصدير	Ø ≧ 0,3 mm	1/56,5 = 0,01770
	Ø < 0,3 mm	1/55,5 = 0,01802
	Ø < 0,1 mm	1/54 =0,01852
ضفيرة خطوط التوصيل متعددة الأسلاك والكبلات وسلك ملدّن (قيم حسابية)		1/56 =0,01786
سلك ملدّن مطلي بالقصدير ومعزول	Ø ≧ 0,3 mm	1/55,5 = 0,01818
	Ø < 0,3 mm	1/54,5 = 0,01835
	Ø < 0,1 mm	1/53 =0,01887

•• الألومنيوم للهندسة الكهربائية

التسمية		$\varrho_{20}\ (\frac{\Omega \cdot mm^2}{m})$
سلك ملدّن 99,5 % Al		1/36 =0,02778
أسلاك من :	E-Al F 7	1/36 =0,02778
	E-Al F 9	1/35,4 = 0,02825
	E-Al F 13	1/35,1 = 0,02849
	E-Al F 17	1/34,8 = 0,02874
ألومنيوم مسطح من :	E-Al F 7	1/35,4 = 0,02825
	E-Al F 9	1/34,8 = 0,02874
	E-Al F 13	1/34,5 = 0,02898
	E-Al F 17	1/34,2 = 0,02924
خطوط توصيل معزولة وكابلات من 99,3 % Al ، ملدنة (قيم حسابية)		1/33 =0,03030

المقاومة النوعية - المقاومة السطحية - المتانة الكهربائية للعازل ومقاومة التسرب للمواد العازلة (قيم متوسطة ، أو قيم صغرى للأنماط القياسية)

المقاومة السطحية : هي المقاومة عند سطح مادة عازلة بين قطبين كهربائيين. (لسانان معدنيان يبعدان عن بعضهما 10 mm ، لجهد اختبار كهربائي قدره 100 V أو 1000 V) . وحدة القياس هي الأوم (Ω) .

المتانة الكهربائية للعازل : هي القيمة الفعالة لجهد كهربائي متردد بشكل منحنى جيبي بين قطبين كهربائيين مفصولين عن بعضهما بواسطة عينة الاختبار ، التي ينهار عزلها عند هذه القيمة . ومتانة العازل (E_d) هي خارج قسمة الجهد الكهربائي الاختباري على سمك عينة الاختبار . وحدة القياس هي kV/cm أو kV/mm .

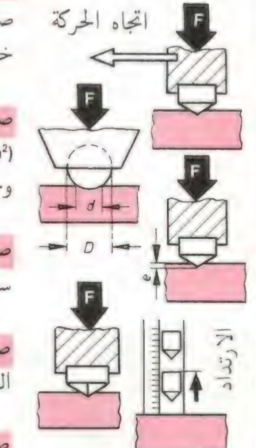
مقاومة التسرب : هي مقاومة مادة عازلة ضد تكون مسارات تسرب على سطحها . ووفقا للمواصفات القياسية DIN 534 80 يتحول سائل إلكتروليتي إلى قطرات بين قطبين كهربائيين موضوعين على عينة الاختبار ويبعدان عن بعضهما 4 mm ، عند وجود فرق جهد كهربائي متردد قدره 380 V . ويوضح الجدول الدرجات المختلفة لمقاومة التسرب في حالة وجود تجويف يصل عمقه إلى 1 mm .

الدرجة	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
عدد القطرات	1...3	4...10	11...30	31...100	أكبر من 100

أمثلة للمواد العازلة التسميات التجارية	أرالديت	أسترالون (PVC)	نسيج صلد طراز 2088,5	ورق صلد طراز 2062,8	ماكروفول	ماكرولون	نوفودور	أوبانول B 200	ترولين P	فبر مفلكن كهربائي طراز 3120
المقاومة النوعية (Ω·cm)	10^{15}	$> 10^{15}$	10^{10}	10^{12}	10^{17}	10^{16}	$> 10^{14}$	10^{15}	10^{18}	10^{9}
المقاومة السطحية (Ω)	10^{10}	$> 10^{11}$	10^{10}	$5 \cdot 10^{10}$	10^{15}	10^{15}	$> 10^{11}$	$> 10^{15}$	10^{16}	$> 10^{8}$
متانة العازل الكهربائية (kV/mm)	40	18	7	13	140	> 100	> 20	> 20	75	5,3
درجة مقاومة التسرب	T 5	T 4	T 1	T 1	T 2/3	T 2/3	T 4	T 2/3	T 5	T 3/4

• طبقا لتعليمات VDE 0201 •• طبقا لتعليمات VDE 0202

الصلادة - الانفعال



الصلادة : يقصد بالصلادة مقاومة جسم ما لاختراقه بواسطة جسم آخر . ويجري تحديد أرقام الصلادة تجريبيا .
صلادة الخدش وفقا لمارتنز : يدل رقم الصلادة على مقدار التحميل بالنيوتن (N) الواقع على قطعة من الماس الذي ينتج عنه خدش عرضه 0,1 mm في المادة موضع الاختبار عندما تكون زاوية الرأس لقطعة الماس 120° .

صلادة برينل : يتم حساب رقم الصلادة بقسمة القوة المؤثرة على كرة من الفولاذ على مساحة النقرة بالمليمترات المربعة (mm^2) الناتجة عن تأثير ضغط الكرة ويرمز لصلادة برينل بالرمز (HB) .
وحدة القياس : daN/mm^2 على سبيل المثال .

صلادة روكويل : يضغط بمخروط ماسي زاوية رأسه 120° (لمواد التصنيع الصلدة) أو كرة فولاذية (لمواد التصنيع اللينة) على سطح المادة المراد اختبارها . ويجري حساب قيمة صلادة روكويل من عمق التغلغل .

صلادة فيكرز : يتم حساب رقم الصلادة بقسمة القوة المؤثرة على هرم ماسي زاوية رأسه 136° على مساحة النقرة الهرمية الناتجة بالمليمترات المربعة (mm^2) (قارن بصلادة برينل)

صلادة شور الارتدادية : يناظر رقم الصلادة قيمة الارتداد لثقل مزود بمقدمة حادة من الماس أو الفولاذ ، يتم اسقاطه على العينة المختبرة من ارتفاع معين .

قيم مقارنة للصلادة

نوع الفولاذ	صلادة برينل HB: F = 30 kN — رقم الصلادة بوحدة kN/mm^2	صلادة برينل HB: D = 10 mm — قطر النقرة بوحدة mm	معامل تحويل حسابي [1]	أرقام الصلادة: صلادة شور	أرقام الصلادة: صلادة روكويل — بهرم ماسي	أرقام الصلادة: صلادة روكويل — بكرة فولاذية	أرقام الصلادة: صلادة فيكرز
St 37	1,07	5,65	0,34	–	–	61	–
St 42	1,21	5,35	0,34	–	–	69	–
St 50	1,43	4,95	0,34	25	1	79	–
St 60	1,75	4,50	0,34	29	10	88	186
1,2 kN/mm^2	3,46	3,25	0,34	56	38	–	370

أرقام صلادة برينل (HB) مقدرة بوحدة daN/mm^2

المادة	الصلادة	المادة	الصلادة	المادة	الصلادة
ألومنيوم	16	نيكل ملدن	90	تنجستن (ولفرام)	350
نحاس	50	بلاتين	50	زنك مصلد بالتشغيل	55
رصاص	3	فضة	20	قصدير	4

الاستطالة : هي تمدد قضيب تحت تأثير الشد في الاتجاه الطولي

الانفعال : هو نسبة التغير في الطول إلى الطول الأصلي

الانفعال المرن : هو الانفعال الذي يزول بعد زوال المؤثر الخارجي المسبب له .

إنفعال الكسر : هو الانفعال الذي تتكسر عنده المادة الواقعة تحت التحميل (وهو مقياس لمتانة المادة) .

مثال : احسب انفعال الكسر لقضيب قطره 20 mm وطوله 200 mm ، ينكسر عند استطالته إلى 240 mm .

الحل : $\delta = \frac{240\ mm - 200\ mm}{200\ mm} = \frac{20}{100} = 20\%$

القوة F — الانفعال — الانفعال المرن — الانفعال δ

المعدن	δ %	المعدن	δ %	المعدن	δ %
سبيكة الالدري	17	نحاس أصفر	≈ 24	فضة ملدنة	≈ 50
ألومنيوم ملدن	≈ 38	نيكل ملدن	≈ 40	حديد الزهر الطروق الأبيض	≈ 4
رصاص	≈ 60	بلاتين ملدن	≈ 45	تنجستن (ولفرام) ملدن	≈ 20
نحاس ملدن	≈ 38	فولاذ إنشاءات	≈ 22	زنك ملدن	≈ 25
مغنسيوم	≈ 5	فولاذ برشام	≈ 30	قصدير ملدن	≈ 40
نحاس أصفر Ms 72	≈ 50	فولاذ عدة	≈ 10		

١) تحسب مقاومة الشد بالتقريب من حاصل ضرب صلادة برينل في معامل التحويل الحسابي الموضح اعلاه



الحرارة

درجات حرارة انصهار معادن مختلفة بالدرجات المئوية

المادة	°C	المادة	°C	المادة	°C
ألومنيوم	658	فولاذ الصب	1350	بلاتين	1773
نحاس	1084	جرمانيوم	958	سبيكة البلاتين والإريديوم	1850
برونز ألومنيومي	900	إريديوم	2454	سبيكة برونز المدافع	950
برونز قصدير	900	كونستانتان	1600	سلنيوم	220
رصاص	327	مغنسيوم	657	فضة	960
سبيكة دلتا	950	منجانين	1200	تنجستن	3380
ديورالومين	650	نحاس أصفر مدلفن	900	معدن أبيض (قيمة متوسطة)	350
الحديد والفولاذ :		نيكل	1453	زنك	419
حديد زهر رمادي	1150...1250	أزميوم	2500	زنك الصب بالحقن	393
فولاذ لاسبائكي	1350...1450			قصدير	232

سبائك ذات درجات حرارة انصهار منخفضة جدا

التسمية	درجة الانصهار °C	تركيب السبيكة			
الزئبق – الصوديوم	21,5	60,5 Hg	39,5 Na		
سبيكة وود	70	50 Bi	25 Pb	12,5 Sn	12,5 Cd
سبيكة ليبوفيتز	70	50 Bi	26,7 Pb	13,3 Sn	10 Cd
سبيكة ليشتنبيرج	92	50 Bi	30 Pb	20 Sn	
سبيكة روزيس	94	50 Bi	25 Pb	25 Sn	
سبيكة نيوتن	103	53 Bi	26 Sn	21 Cd	

التمدد بالحرارة

معامل التمدد الطولي (α) : هو الزيادة في الطول ، مقدرة بوحدة µm ، لقضيب طوله 1 m ، عند ارتفاع درجة حرارته بمقدار 1 K . وبصفة عامة فإن التمدد الطولي يعتمد أساساً على درجة الحرارة . (القيم الآتية هي قيم متوسطة لمجال درجة حرارة بين 0 إلى 100°C) .

وحدة القياس : $\frac{\mu m}{Km}$ ، معامل التمدد الحجمي : $\gamma = \frac{1}{V_o} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta T}$

المادة	α ($\frac{\mu m}{Km}$)	المادة	α ($\frac{\mu m}{Km}$)	المادة	α ($\frac{\mu m}{Km}$)
ألومنيوم	23	كونستانتان	15...18	فولاذ	12,2
نحاس	17	نيكلين ، فضة ألمانية		فضة	19,5
برونز قصديري	17,5	نحاس أصفر	18,4	زنك	32,0
ديورالومين	23,5	نيكل	13,0	قصدير	23,0
سليولويد	101	إيجليت (PCU)	80	زجاج كوارتزي	0,5
زجاج	8	زجاج لدائني	80	ترولیتول III	70
مطاط صلد	80	صيني	3	فبر مفلكن	25

التمدد الطولي لثنائيات المعادن

ثنائي المعدن	التمدد الطولي مقدراً بوحدة $\frac{\mu m}{Km}$ في : 100°C	200°C	300°C	ملاحظات
الإنفار والفولاذ	12	24	–	ينسب التمدد الطولي إلى شريط عينة أبعاده 100×0,6×10. الإنفار هو سبيكة من الحديد والنيكل ذات معامل تمدد طولي صغير جدا . (تتراوح α بين $0,5 \frac{\mu m}{Km}$ إلى $2 \frac{\mu m}{Km}$)
الإنفار والنحاس	16	35	44	
الإنفار والـكونستانتان	14	31	37	
الإنفار والنيكل	12	28	33	

مقادير الانكماش في الصب بالرمل

تعطي قيم الانكماش الطولي النسب المئوية لقصر مصبوبة عند تصلبها ، بانخفاض حرارتها إلى درجة حرارة الغرفة .

المادة	%	المادة	%	المادة	%
ألومنيوم نقي	1,7%	رصاص	1,1%	حديد الزهر الطروق الأسود	1,0%
نحاس	0,8%	برونز ، نحاس أصفر (قيمة متوسطة)	1,6%	حديد الزهر الطروق الأبيض	2,0%
برونز الألومنيوم	1,9%	حديد الزهر الرمادي	1,0%	زنك	1,6%
سبيكة ألومنيوم	1,0%	فولاذ صب	2,0%	قصدير	0,8%

السعة الحرارية النوعية (الحرارة النوعية)

الحرارة النوعية هي كمية الحرارة – مقدرة بالجول (J) – التي يكتسبها 1g من المادة عند رفع درجة حرارتها بمقدار 1K.
الرمز: c ووحدات القياس:

$$\frac{J}{g\cdot K},\ \frac{Ws}{g\cdot K}\ \left(\frac{cal}{g\cdot grd}\right)\ 1\frac{cal}{g\cdot grd}\approx 4{,}187\frac{J}{g\cdot K}$$

المادة	$\frac{J}{g\cdot K}$	$1\left(\frac{cal}{g\cdot grd}\right)$
ألومنيوم	0,80	0,21
نحاس	0,39	0,092
أسفلت	0,92	0,22
رصاص	0,13	0,03
قار	0,92	0,22
ثلج	2,1	0,5
مواد التشكيل بالضغط في قوالب	≈ 1,4	0,25...0,40
زجاج	0,96	0,23
جرافيت	0,84	0,2
مطاط صلد	1,68	0,4

المادة	$\frac{J}{g\cdot K}$	$1\left(\frac{cal}{g\cdot grd}\right)$
خشب (قيمة متوسطة)	2,5	0,6
فحم حجري بالقطعة	0,84	0,2
هواء	1	0,237
زيت مكنات	1,68	0,4
نحاس أصفر	0,4	0,092
نيكلين، فضة ألمانية		
كونستنتان، منجنين	0,42	0,1
بلاتين	0,13	0,03
صيني	≈ 1	0,25
زئبق	0,14	0,033

المادة	$\frac{J}{g\cdot K}$	$1\left(\frac{cal}{g\cdot grd}\right)$
فحم المعوجات	≈ 1	0,2...0,3
فضة	0,13	0,056
حرير	1,38	0,33
فولاذ	0,5	0,12
ماء	4,19	1,00
معدن أبيض	0,15	0,035
سبيكة وود	0,17	0,04
زنك	0,39	0,092
زنك الصب بالحقن	0,38	0,09
قصدير	0,22	0,053

لتسخين جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة، تلزم حرارة قدرها 4,2 J، وهي تساوي 4,2 Ws.
لتحويل جرام واحد من الماء في درجة 100°C إلى بخار، تلزم كمية حرارة قدرها 2260 J تحت ضغط 1 bar تقريبا.
وتبلغ حرارة الانصهار للثلج 335 J/g.

معامل التوصيل الحراري ومعامل الانتقال الحراري

يعبر عن الموصليّة الحرارية بمعامل التوصيل الحراري λ (قدرة التوصيل النوعية) أو بمعامل الانتقال الحراري α.

أ) **معامل التوصيل الحراري** λ هو كمية الحرارة مقدرة بالجول (J)، التي تمر خلال سلك مقطعه $1\,cm^2$ وطوله 1 cm في الثانية الواحدة عندما يكون الفرق في درجات الحرارة قدره درجة كلفن واحدة (1 K).

$$\lambda=\frac{\text{الطاقة} \times \text{الطول}}{\text{المساحة} \times \text{الزمن} \times \text{فرق درجات الحرارة}}$$

علمًا بأن وحدة القياس الجديدة: $\frac{W}{cm\cdot K}=\frac{J}{cm\cdot s\cdot K}$ ووحدة القياس القديمة: $\left(\frac{cal\cdot cm}{cm^2\cdot s\cdot grd}\right)\ \frac{cal}{cm\cdot s\cdot grd}$

ب) **معامل الانتقال الحراري** (α) هو كمية الحرارة مقدرة بالكيلوواط (kW)، التي تنتقل من مساحة قدرها $1\,m^2$ إلى الجو المحيط بها في الساعة، عندما يكون الفرق في درجات الحرارة قدره درجة كلفن واحدة (1 K).

$$\alpha=\frac{\text{الطاقة}}{\text{المساحة} \times \text{الزمن} \times \text{فرق درجات الحرارة}}$$

علما بأن وحدة القياس الجديدة: $\frac{kW}{m^2\cdot K}$ ووحدة القياس القديمة: $\frac{kcal}{m^2\cdot h\cdot grd}$

أ) معامل التوصيل الحراري عند درجة 20°C

المادة	$\frac{J}{cm\cdot s\cdot K}$	$\frac{cal}{cm\cdot s\cdot grd}$
ألومنيوم	2,09	0,50
فولاذ الألومنيوم	0,54	0,13
نحاس	3,94	0,94
رصاص	0,33	0,08
برونز قصديري	0,42	0,01
ديورالومين	1,55	0,37

المادة	$\frac{J}{cm\cdot s\cdot K}$	$\frac{cal}{cm\cdot s\cdot grd}$
كونستنتان	0,21	0,05
هواء عند درجة 0°C	0,43	0,0123
فضة ألمانية	2,51	0,06
نحاس أصفر (قيمة متوسطة)	0,92	0,22
نيكل (قيمة متوسطة)	0,75	0,18
زئبق	0,08	0,02

المادة	$\frac{J}{cm\cdot s\cdot K}$	$\frac{cal}{cm\cdot s\cdot grd}$
فولاذ الانشاءات	0,04	0,01
فضة	4,2	1
ماء عند درجة 10°C	0,005	0,0014
سبيكة وود	0,13	0,03
زنك	1,26	0,3
قصدير	0,63	0,15

ب) معامل الانتقال الحراري عند درجة 20°C

المادة العازلة للحرارة	$\frac{W}{m^2\cdot K}$	$\frac{kcal}{m^2\cdot h\cdot grd}$
أسفلت	0,70	0,60
صوف أسبستوس	0,06	0,05
خرسانة (قيمة متوسطة)	0,36	0,31
زجاج	0,93	0,80

المادة العازلة للحرارة	$\frac{W}{m^2\cdot K}$	$\frac{kcal}{m^2\cdot h\cdot grd}$
صوف زجاجي	0,037	0,032
بلاستك	0,23	0,2
لينوليوم	0,19	0,16
مرمر، رخام	2,79	2,4

المادة العازلة للحرارة	$\frac{W}{m^2\cdot K}$	$\frac{kcal}{m^2\cdot h\cdot grd}$
ميكانيت	0,23	0,2
صيني	1,16	1,0
طفال (طفل) حراري	0,74	0,64
قوالب الطوب (قيمة متوسطة)	0,23	0,2



تقل الموصلية الحرارية للمعادن النقية بارتفاع درجة الحرارة ، كما أنها تتغير أيضا بإضافة العناصر . وتزداد الموصلية الحرارية للسبائك بارتفاع درجة الحرارة .

تحويلات حسابية

معامل التوصيل الحراري (λ)

$$1\frac{W}{m\cdot K}\approx 0{,}86\frac{kcal}{m\cdot h\cdot grd}\approx 2{,}4\cdot 10^{-3}\frac{cal}{cm\cdot s\cdot grd}$$

$$1\frac{W}{cm\cdot K}\approx 86\frac{kcal}{m\cdot h\cdot grd}\approx 0{,}24\frac{cal}{cm\cdot s\cdot grd}$$

$$1\frac{kcal}{m\cdot h\cdot grd}\approx 2{,}78\cdot 10^{-3}\frac{cal}{cm\cdot s\cdot grd}\approx 1{,}16\frac{W}{m\cdot K}$$

$$1\frac{cal}{cm\cdot s\cdot grd}=360\frac{kcal}{m\cdot h\cdot grd}\approx 418\frac{W}{m\cdot K}$$

$$\left(1\frac{W\cdot s\cdot cm}{cm^2\cdot s\cdot K}\right)=\left(1\frac{J\cdot cm}{cm^2\cdot s\cdot K}\right)\qquad 1\frac{W}{cm\cdot K}=1\frac{J}{cm\cdot s\cdot K}$$

معامل الانتقال الحراري (α)
معامل النفاذ الحراري (k)

$$1\frac{W}{m^2\cdot K}\approx 0{,}86\frac{kcal}{m^2\cdot h\cdot grd}\approx 2{,}4\cdot 10^{-5}\frac{cal}{cm^2\cdot s\cdot grd}$$

$$1\frac{W}{cm^2\cdot K}\approx 8588\frac{kcal}{m^2\cdot h\cdot grd}\approx 0{,}239\frac{cal}{cm^2\cdot s\cdot grd}$$

$$1\frac{kcal}{m^2\cdot h\cdot grd}=2{,}78\cdot 10^{-5}\frac{cal}{cm^2\cdot s\cdot grd}\approx 1{,}16\frac{W}{m^2\cdot K}$$

$$1\frac{cal}{cm^2\cdot s\cdot grd}=36\cdot 10^{3}\frac{kcal}{m^2\cdot h\cdot grd}\approx 41870\frac{W}{m^2\cdot K}$$

$$1\frac{W}{m^2\cdot K}=1\frac{J}{m^2\cdot s\cdot K}$$

معامل الإشعاع الحراري (C)

المادة	$\frac{W}{m^2\cdot K^4}$	$\frac{kcal}{m^2\,h\,grd^4}$	المادة	$\frac{W}{m^2\cdot K^4}$	$\frac{kcal}{m^2\,h\,grd^4}$	المادة	$\frac{W}{m^2\cdot K^4}$	$\frac{kcal}{m^2\,h\,grd^4}$
ألومنيوم خام	0,41	0,35	نحاس خشن	4,38	3,77	طفال (طفل) حراري	4,30	3,70
ألومنيوم مصقول	0,22	0,19	نحاس مصقول	0,76	0,65	فولاذ مؤكسد	4,66	4,00
حديد زهر خام	4,66	4,00	جسم أسود	5,67	4,96	فولاذ لامع أملس	1,40	1,20

مقاومة التوهج للمواد العازلة

طبقا لتعليمات VDE 0302

مقاومة التوهّج هي مقاومة مادة عازلة للتوهّج ، وتصنَّف إلى ستة رتب (درجات جودة) . (يتم الضغط على العينة بقضيب متوهج عند درجة حرارة 950°C ، ويعتبر حاصل ضرب الفقد في الوزن بالمليجرام (mg) في انتشار اللهب بالسنتيمتر (cm) معيارا لمقاومة التوهّج) . وتختص درجة الجودة 0 بالمواد العازلة القابلة للاحتراق تماما ودرجة الجودة 5 بالمواد العازلة غير القابلة للاحتراق إطلاقا ، ومن أمثلة ذلك :

المادة اللدائنية	درجة الجودة	المادة اللدائنية	درجة الجودة	المادة اللدائنية	درجة الجودة
مواد تشكيل بالقوالب بالكبس		مواد تشكيل بالقوالب بالكبس من البوليستر	2...3	نسيج صلد	2...3
من راتنج فينولي : من نوع 12	4	مواد تشكيل بالقوالب بالكبس من الإيبوكسيد :		ورق صلد	2...3
من نوع 31	3	ذات مادة حشو عضوية	2	بولستيرول (ترولیتول)	1
مواد تشكيل بالقوالب بالكبس من البولينا	3	ذات مادة حشو غير عضوية	4	سليولويد	0
مواد تشكيل بالقوالب بالكبس من راتنج ميلاميني	3...4	كلوريد البوليفينيل (PVC)	2		

خواص النحاس والألومنيوم

القيم داخل الأقواس للمادة المصلّدة بالتشغيل

	الكثافة kg/dm^3	المقاومة النوعية $\frac{\Omega\cdot mm^2}{m}$	الموصلية $\frac{S\cdot m}{mm^2}$	المعامل الحراري $\frac{1}{K}$	مقاومة الشد $\frac{daN}{mm^2}$	انفعال الكسر %	صلادة برينل $\frac{daN}{mm^2}$	درجة الانصهار °C	الحرارة النوعية $\frac{J}{g\cdot K}$	معامل التوصيل الحراري $\frac{J}{cm\cdot s\cdot K}$	التمدد الطولي $\frac{mm}{m\cdot K}$
نحاس	8,9	0,0178	56	0,0039	21...24 (40...45)	> 38 (4...2)	40 (90...100)	1084	0,39	3,94	0,017
ألومنيوم	2,7	0,0303	33	0,0036	7...10 (14...23)	45...30 (8...2)	15...25 (40...60)	658	0,88	2,09	0,023

أسلاك متماثلة المواصلة ، طول كل منها 1 m .

مساحة مقطع سلك ألومنيوم = 1,7 × مساحة مقطع سلك نحاس

قطر سلك ألومنيوم = 1,3 × قطر سلك نحاسي

وزن سلك ألومنيوم = 0,5 × وزن سلك نحاسي

أسلاك متماثلة الوزن ، طول كل منها 1 m .

مساحة مقطع سلك ألومنيوم = 3,3 × مساحة مقطع سلك نحاسي

قطر سلك ألومنيوم = 1,8 × قطر سلك نحاسي

مواصلة سلك ألومنيوم = 2 × مواصلة سلك نحاسي

لتعليمات استخدام النحاس في الهندسة الكهربائية ، أنظر VDE 0201 وللألومنيوم أنظر VDE 0202 (أنظر صفحة ٩) .

الفولاذ والحديد

يجري تمييز أنواع الفولاذ ومواد المصبوبات (الحديد) برموز مكونة من حروف أبجدية وأعداد. ويكون أساس التسمية الرمزية للمادة هو المجموعة التي تنتمي إليها (انظر العرض العام على صفحة ١٥).

وتستكمل التسمية الرمزية للمادة كالآتي:

في الفولاذ: بكتابة الحروف الأبجدية التعريفية قبل أساس التسمية الرمزية (رمز المجموعة):

أ) للدلالة على طريقة الصهر (مثال ذلك T = فولاذ توماس)

ب) للدلالة على خواص مميزة (مثال ذلك A = لا يتأثر بالتعتيق (الإزمان))

أو بكتابة ما يلي خلف رمز المجموعة:

ج) الرقم المميز الدال على الخواص المضمونة (مثال ذلك 9. = ضمان كامل للخواص الكهربائية والمغنطيسية)

د) الحرف الأبجدي المميز الدال على نوع المعاملة الحرارية (مثال ذلك E = بتصليد غلافي)

في مواد المصبوبات تكتب الحروف الأبجدية التعريفية لنوع الصهر وللخواص الخاصة بعد رمز المصبوب (GS-G ... إلخ) ويكتب الرقم المميز لطريقة الصهر والحروف الأبجدية المميزة لنوع المعاملة الحرارية في نهاية التسمية الرمزية.

الحروف الأبجدية المميزة

طريقة الصهر (يوضع الرمز قبل الرموز الرئيسية للتسمية أو بعد رمز المصبوب مثل ... -G-, GS)	خواص مميزة (يوضع الرمز قبل الرموز الرئيسية أو بعد رمز المصبوب مثل ... G-, GS)	نوع المعاملة الحرارية (يوضع الرمز بعد الرموز الرئيسية للتسمية)	رمز المصبوب
B فولاذ بسمر	A لا يتأثر بالتعتيق (الإزمان)	A مطبّع	-G مصبوب (بصفة عامة)
E فولاذ الفرن الكهربائي (بصفة عامة)	G نسبة أكبر من الفوسفور أو الكبريت	B ذو قابلية تشغيل ممتازة	-GG حديد زهر رمادي
F فولاذ الفرن العاكس	H نصف مخمّد	E مصلّد غلافيا	-GH حديد زهر صلد
I فولاذ فرن الحث الكهربائي	K نسبة صغيرة من الفوسفور أو الكبريت	G ملدّن	-GS فولاذ مصبوبات
LE فولاذ فرن القوس الكهربائي	L مقاوم للتشقق بالقلويات	H مصلّد	-GT حديد زهر طروق (عام)
M فولاذ سيمنزمارتن	P قابل للحام بالضغط	HF مصلّد سطحيا باللهب	-GTS حديد زهر طروق (أسود)
PP فولاذ التسويط	Q قابل للفلطحة (الكبس) على البارد	HI مصلّد سطحيا بالحث	-STW حديد زهر طروق (أبيض)
SS فولاذ لحام	R مخمّد	K مشكل على البارد	
T فولاذ توماس	S قابل للحام بالانصهار	N مراجع	الرموز المضافة:
TI فولاذ بوادق	U غير مخمّد	NT منترد	K مصبوب مع التبريد الفجائي
W فولاذ منقى بالهواء	Z قابل للسحب	S مزال الإجهاد بالتلدين	Z مصبوب بالطرد المركزي (مصبوب مركزي)
B قاعدي } تضاف إلى نهاية الرمز فقط		U بدون معاملة حرارية	مثال: -GGK
Y حامضي		V مصلّد ومطبّع	

تمييز أنواع فولاذ العدة غير السبائكي بترتب جودتها:

W 1	W 2	W 3	WS
جودة أولى	جودة ثانية	جودة ثالثة	جودة خاصة

عنصر السبيكة	عامل الضرب
Ce, C, P, S, N	100
Al, Be, B, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4

وتحدد النسب المئوية لمكونات السبيكة لمواد التصنيع السبائكية (الفولاذ ومواد المصبوبات) بواسطة أرقام تنتج عن ضرب النسبة المئوية في عامل ضرب معين.

وفي حالة مواد التصنيع السبائكية عالية الخلط (المميزة بالحرف X)، يكون عامل الضرب لجميع مكونات السبيكة مساويا للواحد الصحيح (باستثناء الكربون C).

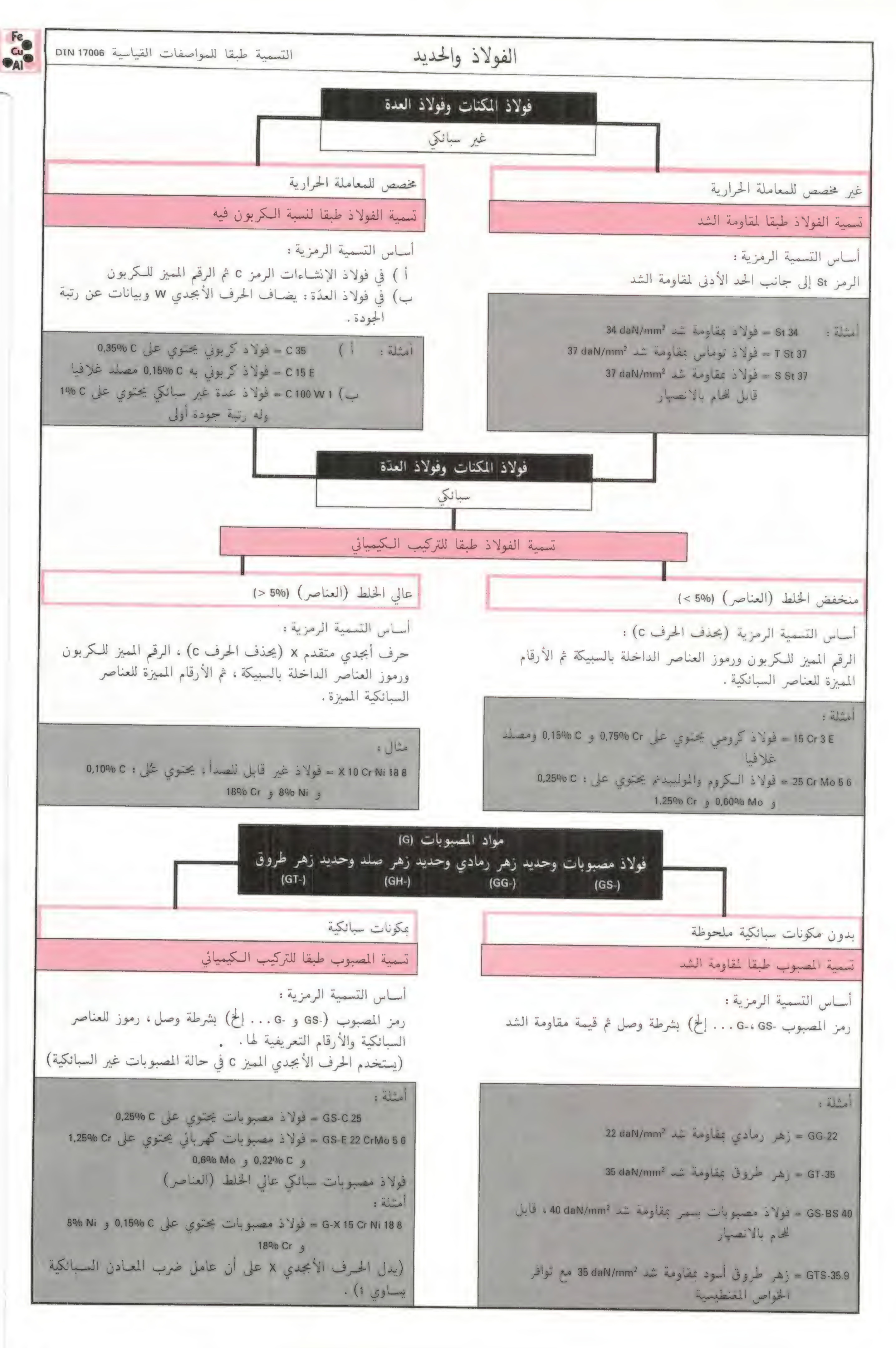
مجال الضمان	.9	.8	.7	.6	.5	.4	.3	.2	.1
حد الخضوع			+	+		+			+
إختبار الطي والإنبعاج			+		+	+		+	
مقاومة الصدم الثلمي			+	+	+		+		
مقاومة الحرارة أو الكلال		+							
خواص كهرومغنطيسية	+								

(الرقم المميز: .1 إلى .9)

أمثلة: ASt 42.1 = فولاذ لا يتأثر بالتعتيق (الإزمان) ذو مقاومة شد قدرها $42\ daN/mm^2$، بضمان لحد الخضوع.

C 15 E = فولاذ مصلد غلافيا يحتوي على 0,15% كربون في الغلاف المصلد.

E 13 Cr V 5 3,8 = فولاذ فانديوم كروم كهربائي يحتوي على 0,13 C, 1,25 Cr, 0,3 V، بضمان لمقاومة الحرارة.



الفولاذ والحديد

فولاذ المكنات وفولاذ العدة
غير سبائكي

غير مخصص للمعاملة الحرارية
تسمية الفولاذ طبقا لمقاومة الشد

أساس التسمية الرمزية :
الرمز St إلى جانب الحد الأدنى لمقاومة الشد

أمثلة :
St 34 = فولاذ بمقاومة شد 34 daN/mm²
T St 37 = فولاذ توماس بمقاومة شد 37 daN/mm²
S St 37 = فولاذ بمقاومة شد 37 daN/mm² قابل للحام بالانصهار

مخصص للمعاملة الحرارية
تسمية الفولاذ طبقا لنسبة الكربون فيه

أساس التسمية الرمزية :
أ) في فولاذ الإنشاءات الرمز C ثم الرقم المميز للكربون
ب) في فولاذ العدّة : يضاف الحرف الأبجدي W وبيانات عن رتبة الجودة .

أمثلة : أ) C 35 = فولاذ كربوني يحتوي على 0,35% C
C 15 E = فولاذ كربوني به 0,15% C مصلد غلافيا
ب) C 100 W 1 = فولاذ عدة غير سبائكي يحتوي على 1% C وله رتبة جودة أولى

فولاذ المكنات وفولاذ العدّة
سبائكي

تسمية الفولاذ طبقا للتركيب الكيميائي

منخفض الخلط (العناصر) (< 5%)

أساس التسمية الرمزية (بحذف الحرف C) :
الرقم المميز للكربون ورموز العناصر الداخلة بالسبيكة ثم الأرقام المميزة للعناصر السبائكية .

أمثلة :
15 Cr 3 E = فولاذ كرومي يحتوي على 0,75% Cr و 0,15% C ومصلد غلافيا
25 Cr Mo 5 6 = فولاذ الكروم والموليبدنم يحتوي على : 0,25% C و 0,60% Mo و 1,25% Cr

عالي الخلط (العناصر) (> 5%)

أساس التسمية الرمزية :
حرف أبجدي متقدم X (بحذف الحرف C) ، الرقم المميز للكربون ورموز العناصر الداخلة بالسبيكة ، ثم الأرقام المميزة للعناصر السبائكية المميزة .

مثال :
X 10 Cr Ni 18 8 = فولاذ غير قابل للصدأ ، يحتوي على : 0,10% C و 8% Ni و 18% Cr

مواد المصبوبات (G)
فولاذ مصبوبات وحديد زهر رمادي وحديد زهر صلد وحديد زهر طروق
(GS-) (GG-) (GH-) (GT-)

بدون مكونات سبائكية ملحوظة
تسمية المصبوب طبقا لمقاومة الشد

أساس التسمية الرمزية :
رمز المصبوب -GS ، -G . . . إلخ) بشرطة وصل ثم قيمة مقاومة الشد

أمثلة :
GG-22 = زهر رمادي بمقاومة شد 22 daN/mm²
GT-35 = زهر طروق بمقاومة شد 35 daN/mm²
GS-BS 40 = فولاذ مصبوبات بسمر بمقاومة شد 40 daN/mm² ، قابل للحام بالانصهار
GTS-35.9 = زهر طروق أسود بمقاومة شد 35 daN/mm² مع توافر الخواص المغنطيسية

بمكونات سبائكية
تسمية المصبوب طبقا للتركيب الكيميائي

أساس التسمية الرمزية :
رمز المصبوب (-GS و -G . . . إلخ) بشرطة وصل ، رموز للعناصر السبائكية والأرقام التعريفية لها .
(يستخدم الحرف الأبجدي المميز C في حالة المصبوبات غير السبائكية)

أمثلة :
GS-C 25 = فولاذ مصبوبات يحتوي على 0,25% C
GS-E 22 CrMo 5 6 = فولاذ مصبوبات كهربائي يحتوي على 1,25% Cr و 0,22% C و 0,6% Mo

فولاذ مصبوبات سبائكي عالي الخلط (العناصر)
أمثلة :
G-X 15 Cr Ni 18 8 = فولاذ مصبوبات يحتوي على 0,15% C و 8% Ni و 18% Cr
(يدل الحرف الأبجدي X على أن عامل ضرب المعادن السبائكية يساوي 1) .

الأنواع العامة لفولاذ الإنشاءات

طبقا للمواصفات DIN 17100

رتبة الجودة 1	رتبة الجودة 2	رتبة الجودة 3	σ_B daN/mm²	ε %	كمية الكربون %	الخواص وأمثلة للاستخدام	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)
St 33 – 1	St 33 – 2		33...50	18	–	لأجزاء بدون متطلبات خاصة	●	●	●	●	●	●	●	●
USt 34 – 1	USt 34 – 2		34...42	27	0,17	قابل للحدادة واللحام بالطرق على الساخن (لحام حدادي)	●	●	●					
RSt 34 – 1	RSt 34 – 2			28		ويصلح لصناعة المسامير والأعمدة يستخدم في صناعة حلقات الإنكماش وأطواق النوابض	●	●	●		●	●	●	
USt 37 – 1	USt 37 – 2		37...45	25	0,20	قابل للحام باللهب بصورة محدودة ، لتركيبات البرشام والبراغي	●	●	●	●	●	●	●	●
RSt 37 – 1	RSt 37 – 2					يستخدم في صناعة الشفاه والأجهزة والمسامير ومساند المحاور والإنشاءات الملحومة .	*) ●	●	●	**) ●	●	●	●	
	RQSt 37 – 2					ذو قابلية جيدة للثني والحني		●	●		●	●		
		QSt 37 – 3				يستعمل في صناعة مجمعات عجلات عربات النقل والقطارات					●	●	●	
USt 42 – 1 RSt 42 – 1	USt 42 – 2 RSt 42 – 2		42...50	22	0,25	يستعمل في بناء السفن وعمل قضبان (مقصات) التحويل للسكك الحديدية .	●				●	●	●	
	RQSt 46 – 2	QSt 42 – 3 St 46 – 3				ذو قابلية جيدة للثني والحني					●	●	●	●
St 50 – 1	St 50 – 2		50...60	20	0,30	ذو قابلية تشغيل جيدة ، يستعمل للأجزاء المشغلة بالكبس أو التخريم على البارد وللروافع والأذرع والمرتكزات والأعمدة وأعمدة المحاور والكباسات	●	●	●					
		PSt 52 – 3	52...60	22	0,20	للإنشاءات الملحومة ذات تحمل عال عند تعرضها لإجهادات الإهتزاز المتواصل .	●	●	●	●	●	●	●	
		QSt 52 – 3				ذو قابلية جيدة للثني والحني		●	●		●	●		
St 60 – 1	St 60 – 2		60...72	15	≈0,40	ذو قابلية تشغيل متوسطة . يصلح للاستعمال في الأجزاء المعرضة لضغط سطحي عال وفي الخوابير والتروس والتروس الدودية .	●	●	●		●	●	●	
	St 70 – 2		70...85	10	≈0,50	يصلح للأجزاء ذات الصلادة الطبيعية وللدلافين والإسطمبات وعدد التشغيل	●	●	●		●	●	●	

(الأعمدة 1) إلى 8): منتجات نصف مصنعة ألواح الصاج)

رتب الجودة	1	2	3
الإجهادات	صغيرة	متوسطة	عالية
قابلية اللحام بالانصهار	غير	متوفرة	متوفرة
مدى الأمان ضد الكسر القصيف	متوفرة	بصورة	
قابلية التشكيل على البارد	رديئة	محدودة	
قابلية التشكيل على الساخن	ممكنة	متوفرة	

1) فولاذ قضبان حتى 12,5 2) فولاذ مسطح عريض حتى 12,5 3) فولاذ مسطح عريض أكبر من 12,5 4) فولاذ مقاطع بسُمك وتيرة (عصب) حتى 12,5 5) صاج من 3 إلى 12,5 6) صاج أكبر من 12,5 حتى 25 7) صاج أكبر من 2,5 وفولاذ مسطح عريض أكبر من 20 8) قياسات الصاج الأخرى .

*) فولاذ قضبان أكبر من 12,5 **) فولاذ مقاطع بسُمك وتيرة (عصب) أكبر من 12,5

ملاحظة : يستخدم أسلوب الصب R (مخمد) لجميع أنواع الفولاذ ابتداء من St 50 – 2 وأسلوب الصب RR (مخمد تخميداً خاصاً) لجميع أنواع الفولاذ ذات درجة الجودة 3 .

ألواح الصاج الرقيق من أنواع الفولاذ غير السبائكي بسُمك أقل من 3 mm

طبقا للمواصفات DIN 1623 لوحة رقم 1

ألواح الصاج الرقيق	طريقة إنجاز السطح	مقاومة الشد daN/mm²	حد الخضوع daN/mm²	C %	P %	S %	درجة الجودة ومجال الاستخدام			الرمز طبقا للمواصفة القديمة
St 10 01 St 10 02 St 10 03	01= ملدن في الصناديق 02= مراجع 03= خال من قشور الأكسيد	28...50	–	0,15	0,06	0,06	جودة أساسية	صاج تجاري	لأعمال التشكيل في القوالب بالكبس وتحسين السطح (الطلاء بالمينا والرش بالدهان)	St II 23 St III 23
St 12 03 St 12 04 St 12 05	03= خال من قشور الأكسيد 04= سطح محسّن 05= سطح ممتاز	28...42	–	0,10	0,05	0,05	جودة السحب	صاج عالي الجودة		St V 23 St VI 23
St 13 03 St 13 04 St 13 05	03= خال من قشور الأكسيد 04= سطح محسّن 05= سطح ممتاز	28...40	27	0,10	0,04	0,04	جودة السحب العميق			St VII 23 St VII a St VII b
St 14 04 St 14 05	04= سطح محسّن 05= سطح ممتاز	28...38	24	0,10	0,03	0,03	جودة السحب الخاصة			St VIII St VIII c

ألواح الصاج الرقيق من الأنواع العامة لفولاذ الإنشاءات

طبقاً لمواصفات DIN 1623 لوحة رقم 2

ألواح الصاج الرقيق	طريقة إنجاز السطح	مقاومة الشد daN/mm²	حد الخضوع daN/mm²	C %	P %	S %	درجة الجودة ومجال الاستخدام	الرمز طبقا للمواصفة القديمة
St 37 02 St 37 – 2 03	02 03 04 أو 05	37...45	22	0,20	0,08 0,06	0,05	غالبا ما تستخدم ألواح الصاج هذه بالحالة التي تورد بها بناء على مقاومة شدها وحد خضوعها .	St 37.23
St 42 – 2 04		42...50	24	0,25	0,06	0,05		St 42.23
St 50 – 2 02	02 أو 03	50...60	30	0,30	0,06	0,05		St 50.23
St 52 – 3 03		52...62	36	0,20	0,05	0,05		–
St 60 – 2 02		60...72	34	0,40	0,06	0,05		St 60.23
St 70 – 2 03		70...85	37	0,50	0,06	0,05		St 70.23



مواد المصبوبات (المسبوكات) ذات الخواص المغنطيسية

مصبوبات الفولاذ (الكثافة 7,85 kg/dm³)
طبقا للمواصفات DIN 1681

الرمز التجاري طبقا للمواصفات DIN 17006	مقاومة الشد daN/mm²	إنفعال الكسر %	الحث المغنطيسي B بوحدة (Tesla) B 12,5*	B 25	B 50	B 100	النوع والاستخدام
Gs – 38·9 Gs – 45·9	38 45	25 22	–	1,40	1,55	1,70	متين قابل للحدادة يستخدم في الصناعات الكهربائية

حديد الزهر الرمادي (الكثافة 7,2 kg/dm³)
طبقا للمواصفات DIN 1691

الرمز التجاري	مقاومة الشد	إنفعال الكسر	B 12,5*	B 25	B 50	B 100	النوع والاستخدام
GG – 10·9	10	–	0,40	0,60	0,80	0,95	نوعية خاصة بالمولدات الكهربائية

حديد الزهر الطروق (الكثافة 7,4 kg/dm³)
طبقا للمواصفات DIN 1692

الرمز التجاري	مقاومة الشد	إنفعال الكسر	B 12,5*	B 25	B 50	B 100	النوع والاستخدام
GTW – 35·9 GTW – 40·9	34...36 36...42	6...3 10...3	– –	1,00	1,10	1,20	جودة عادية / قابل للطرق حديد زهر ممتاز / متين
GTS – 35·9	35	12	–	1,15	1,25	1,35	جودة عادية / قابل للطرق حديد زهر ممتاز / متين

*B 12,5 = الحث المغنطيسي في مجال مغنطيسي شدته 12,5 A/cm

ألواح الصاج للمولدات والمحولات الكهربائية
طبقا للمواصفات DIN 46400

نوع الصاج	النوع	الكثافة kg/dm³	السُمك بوحدة (mm) طول اللوح l × عرضه b بوحدة (mm)	مقادير الفقد لإعادة المغنطة بوحدة Watt/kg عند: 10000 G V10	15000 G V15	الحد الأدنى للحث المغنطيسي *بوحدة T (تسلا) B 25	B 50	B 100	B 200	العنصر المضاف % تقريبا C	Si
I 3,6	صاج المولدات العادي	7,8 (7,85)	0,5 1000x 2000	3,6	8,6	1,53	1,63	1,73	1,98	0,08	0,7
II 3,0	صاج سبائكي منخفض العناصر السبائكية	7,75 (7,8)		3,0	7,2	1,50	1,60	1,71	1,95	0,7	1,0
				2,6	6,3	1,49	1,58	1,70	1,94		1,7
III 2,6 III 2,3 III 2,0	صاج سبائكي متوسط العناصر السبائكية	7,65 (7,7)		2,3	5,6	1,47	1,57	1,69	1,93		2,3
				2,0	4,9	1,45	1,55	1,67	1,90		2,7
IV 1,7	صاج سبائكي عالي العناصر السبائكية	(7,6)**		1,7	4,0	1,43	1,55	1,65	1,85		3,4
IV 1,5				1,5	3,7						3,9
IV 1,45		(7,6)	0,35 750x 1500	1,45	3,6						3,4
IV 1,3				1,3	3,3						3,9
IV 1,1		(7,55)		1,1	2,7						4,3
IV 1,0				1,0	2,5						

*B 25 = الحث المغنطيسي في 25 A/cm

** القيم بين الأقواس = كثافة الصاج بعد إزالة قشور الأكسيد .

مواد التصنيع المغنطيسية للمحولات السمعية (Audio transformers)
طبقا للمواصفات DIN 41301

الصنف	اللون المميز: اللون	عدد الخطوط	التركيب	الكثافة (kg/dm³)	المقاومة النوعية $(\frac{\Omega\ mm^2}{m})$	سمك اللوح (mm)	الإنفاذية *μ_{20} ألواح القلب: M 20 M 22	M 30...M 102	قلب شريط	رمز المصنع
A 1	أخضر فاتح	1	من 2,5 إلى 4,5 Si تقريباً	7,7	0,45	0,35 0,15	800	850	850	Trafoperm N1
						0,05	–	–	800	
A 2		2		7,55	0,5	0,35 0,2	–	≧ 700	–	Hyperm 1
A 3		3				0,5 0,35 0,2	–	≧ 700	–	
C 2	أبيض	2	من 3,5 إلى 4,5 Si	7,55	0,5	0,35 0,15	–	≧ 1200	μ_5 ≧ 700	Hyperm 3
C 3		3				0,35		≧ 1500	μ_{10} ≧ 1400	Hyperm 7
D 1	أزرق فاتح	1	من 36 إلى 40% Ni تقريباً	8,15	0,65	0,35 0,10 0,05	1900	2 000	2 000	Hyperm 36
D 2		2				0,35 0,10	≧ 1600	≧ 1700	≧ 1700	Permenorm 3601
						0,05	≧ 1600	≧ 1600	≧ 1600	
F 1	–	–	≈ 50% Ni	8,25	0,45	0,35 0,10 0,05	–	–	μ_5 ≧ 2 500	Hyperm 50
E 3	أحمر فاتح	1	≈ 75% Ni	8,6	0,45	0,35 0,20 0,10 0,05	μ_5 ≧ 8 000	M 30 μ_6 ≧ 9000 M 42...M 012 μ_6 ≧ 11000	μ_5 ≧ 16 000	Mumetall/ Hyperm 766

* μ_{20} = الإنفاذية في مجال مغنطيسي شدته $\frac{20}{4\pi}$ A/m

المعادن اللاحديدية

التسمية	الرمز المختصر	الخواص	الاستخدام
النحاس (Cu) الكثافة 8,9 kg/dm³			طبقا للمواصفات DIN 1708
	Cu %	ذو قابلية جيدة للتشغيل، قابل للطرق والحني يتحمل الحرارة ويقاوم التآكل الكيميائي، ومقاوم للأحماض والقلويات. لا يتأثر بالأملاح (باستثناء: كلوريد الأمونيوم والنشادر والكبريت)، قابل للحام الصلد والرخو، ويوفر تلامسا مضمونا في المفاتيح الكهربائية وأطراف التوصيل، إلا أنه قليل القابلية للصب والحام، كما أن مركباته سامة.	للمصبوبات المعدنية، ومنتجات الدلفنة والكبس والحدادة بالأسطمبات
نحاس - C	C - Cu 99,5		
نحاس - D	D - Cu 99,75		
نحاس - F	F - Cu 99,90		
نحاس - E	E - Cu 99,90		لنفس الاستخدامات، عند طلب توافر قابلية جيدة للتوصيل الكهربائي.
نحاس - Sa	Sa - Cu 99		علب النار وصناعة الأجهزة ومسامير المحانق
نحاس - SB	SB - Cu 99,25		الأنابيب، ومنتجات الدلفنة والكبس والحدادة بالإسطمبات، S= خال من الأكسجين.
نحاس - SD	SD - Cu 99,8		
نحاس - SF	SF - Cu 99,9		
نحاس - SE	SE - Cu 99,9		لنفس الاستخدامات، عند طلب توافر قابلية جيدة للتوصيل الكهربائي.
نحاس مهبط نحاس إلكتروليتي	KE - Cu 99,9		لعمليات الصهر بدرجات نقاوة عالية وخاصة الأنواع ذات القابلية الجيدة للتوصيل الكهربائي.
الألومنيوم (Al)، الألومنيوم النقي (Al R) الكثافة 2,7 kg/dm³			طبقا للمواصفات DIN 1712
تماسيح الألومنيوم H	Al 99,9 H	قابل للحدادة والطرق والصب ويقاوم التآكل الكيميائي، يتأثر بالأحماض والقلويات، كما يعطي تلامسا غير مأمون عند ربطه بأطراف التوصيل الملولبة.	للموصلات الكهربائية (خطوط التوصيل الهوائية وقضبان التجميع) والرقائق، والأجهزة المنزلية ووصلات التركيبات والأنابيب وقضبان التشكيل والألواح وهياكل أجهزة الراديو وعلب الحجب. للحام بالثرميت. لأعضاء الإنتاج القفصية في محركات التيار ثلاثي الأطوار.
	Al 99,8 H		
	Al 99,7 H		
	Al 99,5 H		
	Al 98 H		
	Al 99,99 R		
ألومنيوم عالي النقاوة R (ألومنيوم موصلات)	Al 99,98 R		
الرصاص (Pb) الكثافة 11,3 kg/dm³			طبقا للمواصفات DIN 1719
رصاص نقي 99,99	Pb 99,99	قابل للطرق والكبس والدلفنة والحام. لا يتأثر بالأحماض كما أنه معدن لين للغاية ومركباته سامة.	لألواح المراكم والغلاف الرصاصي للكبلات والأنابيب، وموانع التسرب وأكسيد الرصاص الأحمر وأكسيد الرصاص الأبيض وتكسية الأنابيب بالرصاص ولعمل السبائك. يستخدم في صناعة الأجهزة الكيميائية.
رصاص نقي 99,985 (لألواح المراكم)	Pb 99,985		
وبالإضافة إلى ذلك: تماسيح الرصاص	Pb 99,9		
رصاص معاد صهره	Pb 98,5		
رصاص نحاسي نقي	Pb 99,9		
القصدير (Sn) الكثافة ≈ 7,4 kg/dm³			طبقا للمواصفات DIN 1704
قصدير 99,90	Sn 99,90	ذو قابلية جيدة للصهر والحني والدلفنة والطرق، إلا أنه يكون قصفاً عند درجة حرارة 195 °C	قصدير الحام معدن هام للسبائك. ويستعمل لقصدرة الأسلاك وألواح الصاج (الصاج الأبيض)، ويورد على شكل رقائق القصدير ولفات القصدير ويستخدم في صناعة الأدوات المنزلية والتحف الفنية.
قصدير 99,75	Sn 99,75		
قصدير 99,00	Sn 99,00		
قصدير 98,00	Sn 98,00		
الزنك (Zn) الكثافة ≈ 7,1 kg/dm³			طبقا للمواصفات DIN 1706
زنك نقي	مثل	ذو قابلية جيدة للصب. ويكون في درجة 100°C إلى 150°C قابلا للطرق والدلفنة والسحب، كما يكون هشا في درجة حرارة الغرفة ويتأثر بالأحماض والقلويات.	لإلكترودات الخلايا الفولطائية، وبصورة محدودة كموصل كهربائي، ويستعمل لجلفنة أسلاك النحاس وحبال الفولاذ كما أنه معدن سبائكي (للنحاس الأصفر وسبيكة برونز المدافع الأحمر)
درجة النقاوة: من 99,995 إلى 99,9	Zn 99,975		
تماسيح الزنك	مثل		
درجة النقاوة: من 99,5 إلى 97,5	Zn 98,5		
زنك معاد صهره	مثل		
درجة النقاوة: من 98,5 إلى 96,0	Zn 97,5		
النيكل الخام (Ni) الكثافة ≈ 8,8 kg/dm³			طبقا للمواصفات DIN 1701
نيكل كربونيلي	C - Ni 98,5	قابل للسحب والدلفنة والطرق والحام، كما أنه مغنطيسي وقابل للتلميع، لا يتعرض للتآكل الكيميائي في درجة حرارة الغرفة ويصلّد الفولاذ ويزيد الإنفاذية. يتداول تجاريا في صورة مسحوق أو كريات أو شرائط أو مكعبات أو أقراص مستديرة.	يستخدم في صناعة المراكم (مراكم الحديد والنيكل ومراكم NC) والطلاء بالنيكل كما أنه معدن هام للسبائك. يشترك في تكوين أهم سبائك المقاومات الكهربائية (النيكوليت والكونستنتان) وتصنع منه رقائق التكسية.
	C - Ni 99,5		
	C - Ni 99,8		
نيكل مستخلص بطريقة موند	M - Ni 99,5		
	E - Ni 99,5		
نيكل إلكتروليتي	E - Ni 99,8		
نيكل مكعبات	W - Ni 99		



تركيب الرمز المختصر للمعادن غير الحديدية DIN 1700

يتبع التسلسل التالي لرموز المعادن :	الحرف الأبجدي المميز الأول		أمثلة
أولا : حرف أبجدي مميز لطريقة التحضير ومجال الاستخدام	G	مصبوب (بصفة عامة)	Al Mg 3 Si = سبيكة ألومنيوم تحتوي على Mg 2...4% وأقل من Si 1%
ثانيا : رمز مميز للتركيب (رمز كيميائي + رقم مميز للنسبة المئوية للوزن)	GD	مصبوب بالضغط	G-Al Si 12 = سبيكة ألومنيوم مصبوبة تحتوي على Si 11...13,5%
ثالثا : رمز مختصر لبيان الخواص الخاصة (الحالة المعاملة الحرارية والحد الأدنى لمقاومة الشد)	GK	مصبوب مع التبريد الفجائي	G-Al Si 5 Cu 1a = سبيكة ألومنيوم مصبوبة تحتوي على Cu 1,2...1,6% و Si 5...6% مصلدة بالتعتيق (الازمان)
	GZ	مصبوب بالطرد المركزي	
	GL	معدن محامل إنزلاقية	Al Mg 3 F 17 = سبيكة ألومنيوم مطروقة أقل مقاومة شد = 17 daN/ mm²
	L	سبيكة لحام صلد ورخو	

سبائك النحاس

التصنيف طبقا للمواصفات DIN 1718

برونز قصديري طبقا للمواصفات DIN 1705	برونز ألومنيومي طبقا للمواصفات DIN 1714/17665	برونز رصاصي وبرونز رصاصي قصديري طبقا للمواصفات DIN 1716
سبيكة النحاس والقصدير ، تصل نسبة القصدير فيها عادة إلى 20%	سبيكة النحاس والألومنيوم تحتوي على 70% فأكثر من النحاس وتصل نسبة الألومنيوم عادة إلى 14%	سبيكة النحاس والرصاص (والقصدير) تحتوي على 60% فأكثر من النحاس وتصل نسبة الرصاص إلى 28% ونسبة القصدير إلى 10% ، وهي سبيكة صب
النحاس الأصفر Ms	**النحاس الأصفر الخاص So Ms**	**سبيكة برونز المدافع Rg طبقا للمواصفات DIN 1705**
سبائك النحاس الأصفر المصبوبة طبقا للمواصفات DIN 1709 السبائك الطروقة طبقا للمواصفات DIN 17660 سبائك النحاس والزنك تحتوي على أكثر من 50% من النحاس وتصل نسبة الزنك عادة إلى 44% ونسبة الرصاص إلى 3% .	سبائك النحاس الأصفر الخاصة للصب طبقا للمواصفات DIN 1709 السبائك الطروقة طبقا للمواصفات DIN 17661 نحاس أصفر بإضافات من الألومنيوم والحديد والمنجنيز والنيكل ، والسليكون والقصدير للحصول على خواص معينة .	سبيكة صب من النحاس ، والقصدير ، والزنك بقاعدة من الرصاص .

الخواص المميزة للنحاس الأصفر : ذو قابلية جيدة للصب وقابل للتشكيل بالقطع ولحام الصلد والرخو ، ذو موصلية كهربائية جيدة $\left(13 \ldots 24 \ \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}\right)$ غير مغنطيسي ، لا يتأثر بالماء البارد والساخن والبخار المحمص ، كما أنه قليل التأثر بالمحاليل المائية والغازية ، ذو قابلية جيدة للتشغيل على البارد في حالة نسبة النحاس المرتفعة ، ويكون ذا قابلية جيدة للتشكيل على الساخن إذا كانت نسبة النحاس منخفضة . وإذا زادت نسبة النحاس يزداد الانفعال وقابلية السحب العميق وتقل المقاومة والصلادة ويقل التسخين حتى التوهج من المقاومة .
حالات المادة : لدنة ، نصف صلدة ، صلدة ، في صلادة النوابض .

سبائك النحاس الطروقة منخفضة العناصر السبائكية ذات موصلية كهربائية جيدة

طبقا للمواصفات DIN 17666

الكثافة ≈ 8,9 kg/dm³ . تصل إضافات عناصر السبائك للنحاس إلى حوالي 5% ، وتؤدي هذه الإضافات إلى تحسين خواص معينة للنحاس الأصفر بالمقارنة بالنحاس الكهربائي E-Cu

الرمز المختصر	الإضافات %	الموصلية $\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$	مقاومة الشد daN/mm²	إرشادات عن الاستخدام والخواص
Cu Ag	0,025 ... 0,25 Ag وإضافات أخرى حتى 0,1	>48	–	قضبان المبدلات الكهربائية ، ولفائف عضو الإنتاج والألواح والشرائط والأنابيب والقضبان والمقاطع الواجهية
Cu Cd 0,7	0,5 ... 0,8 Cd وإضافات أخرى حتى 0,3	>36 ... 48	40 ... 60	خطوط التوصيل الهوائية وخطوط التوصيل الهوائية لحافلات الترولي (برونز I) . ذات تحمل أكبر لدرجات الحرارة المرتفعة .
Cu Cd 1 Cu Cd 1,3	0,8 ... 1,1 Cd 1,1 ... 1,5 Cd وإضافات أخرى حتى 0,5	>36 ... 48	40 ... 60	للقضبان والإلكترودات اللحام — مشغولات الحدادة بالإسطمبات والمقاطع الواجهية المشغلة بالبثق
Cu Cd Sn Cu Mg 0,4	0,2 ... 0,8 Cd 0,2 ... 0,8 Sn أو 0,3 ... 0,5 Mg	>36 ... 48	40 ... 60	خطوط التوصيل الهوائية (برونز II)
Cu Mg 0,7	0,5 ... 0,8 Mg	12 ... 36	>60 ... 100	خطوط التوصيل الهوائية (برونز III)
E-Cu Te SF-Cu Te	0,4 ... 1,1 Te	>48	—	لمشغولات الخراطة — تحتوي على الأكسجين ذات قابلية جيدة للتشغيل بالقطع — خالية من الأكسجين وقابلة للحام
Cu Cr	0,3 ... 1,2 Cr	>48	40 ... 60	الألواح والقضبان والمطروقات والمقاومات كإلكترودات اللحام ذات تحمل عال لدرجة الحرارة المرتفعة .
Cu Ni 2 Si	1,6 ... 2,6 Ni 0,8 ... 1,3 Si	12 ... 36	>60 ... 100	البراغي والمسامير الملولبة وأجهزة التركيب لخطوط التوصيل الهوائية ، والشرائط والأنابيب والقضبان وكذلك مشغولات الحدادة بالإسطمبات

الفضة الألمانية (السبائك الطروقة)

الكثافة ≈ 8,5 kg/dm³ — أمثلة من المواصفة القياسية DIN 17663

Ns 4712	45 ... 49 Cu, 11 ... 13 Ni, والباقي Zn	ذات قابلية جيدة للكبس والطرق على الساخن ، كما أنه لا تتطلب معالجة خاصة لتشكيلها على البارد .
Ns 6512	63 ... 67 Cu, 11 ... 13 Ni, والباقي Zn	ذات قابلية جيدة للتشكيل على البارد . تستعمل في صنع المشغولات المشكلة بالسحب العميق والنوابض ومشغولات الحرف اليدوية الفنية وللأعمال الداخلية للعمارة
Ns 5712 Pb	مع 2,5 Pb	للتشغيل بالقطع

النحاس الأصفر الكثافة ≈ 8,5 kg/dm³

أمثلة من المواصفات DIN 17660

الرمز المختصر	التركيب (%)	إرشادات عن الاستخدام والخواص
Cu Zn 5 (Ms 95) Cu Zn 10 (Ms 90)	94 ... 96 Cu والباقي Zn 89 ... 91 Cu والباقي Z	ذو قابلية ممتازة للتشكيل على البارد. ويصلح للتشكيل بالضغط والسك والطرق والتثقيب، ويستخدم لصناعة أجزاء التركيبات الكهربائية كما تستخدم سبيكة النحاس الأصفر Cu Zn 5 لصناعة الألواح والأنابيب والقضبان والأسلاك. وقضبان مخددة للذبذبات.
Cu Zn 36 Cu Zn 37 (Ms 63)	63,5 ... 65 Cu 62,0 ... 64 Cu والباقي Zn	سبيكة رئيسية للتشكيل على البارد بواسطة السحب العميق وبالضغط والفلطحة والدلفنة والسك والحني، كما أنها قابلة للحام بالانصهار، والحام الصلد والرخو. تستخدم لصناعة الألواح والأنابيب والقضبان والأسلاك والبراغي.
Cu Zn 36 Pb 3 (Ms 63 Pb)	60 ... 62 Cu 3 Pb والباقي Zn	ذات قابلية جيدة للتشغيل بالقطع على المخارط الأوتوماتية وقابلة للتشكيل على الساخن والبارد.
Cu Zn 40 (Ms 40)	59,5 ... 61,5 Cu والباقي Zn	ذات قابلية جيدة للتشكيل على الساخن والبارد (النحاس الأصفر للحدادة وسبيكة مونتز). تصبح السبيكة - بإضافة الرصاص - جيدة التشغيل بالقطع والتشكيل على الساخن.

سبائك النحاس والنيكل Cu > 50% و Ni > 4%

أمثلة من المواصفات DIN 17664

CuNi 5	4 ... 6 Ni والباقي Cu	لأغراض الهندسة الكهربائية.
CuNi 10	9 ... 11 Ni والباقي Cu	للمشغولات التي يجري طلاؤها بالفضة فيما بعد.
CuNi 44 CuNi 30 Mn	أنظر صفحة ٢٤	للمقاومات الكهربائية الدقيقة، كما تستخدم السبيكة الخالية من الزنك لصناعة الأجزاء الداخلية من الصمامات الكهربائية للمقاومات الكهربائية العامة.

البرونز القصديري Cu ≧ 60%

أمثلة من المواصفات DIN 17662/65

تتم التسمية وفقاً للعنصر السبائكي الرئيسي

التسمية	الرمز المختصر	التركيب %	بيانات عن الاستخدام والخواص
برونز قصديري	SnBz 2	1 ... 2 Sn وحتى 0,1 P والباقي Cu	البراغي والنوابض المستعملة في نفس الوقت لتوصيل التيار الكهربائي والأنابيب.
برونز قصديري	SnBz 8	7,5 ... 9 Sn حتى 0,4 P والباقي Cu	النوابض من جميع الأنواع والأجزاء الانزلاقية والنسيج السلكي والأغشية.
برونز قصديري متعدد العناصر	MSnBz 4 Pb	3 ... 5 Sn, 3 ... 5 Zn, 3 ... 5 Pb حتى 0,1 P والباقي Cu	الألواح، والأشرطة لجلب المدلفنة (أنواع أخرى: Sn Bz 4, Sn Bz 6, M Sn Bz 4, M Sn Bz 6)
برونز ألومنيومي	AlBz 5 (CuAl 5)	4 ... 6 Al, 0,8 Ni, 0,4 Fe, 0,3 Mn ، 0,3 Zn, 0,4 As, والباقي Cu	الصناعات الكيميائية والتعدينية وصناعة البوتاسا الكاوية. لا يتأثر بالأحماض وكثافته 8,2 kg/dm³.
برونز ألومنيومي متعدد العناصر	AlBz 10 Fe (CuAl 10 Fe) AlBz 9 Mn	9 ... 11 Al, 1 ... 4 Fe, 1 Ni 1,5 ... 3,5 Mn, 0,4 Si, 0,5 Zn والباقي Cu كالسابق، إلا أنه يحتوي على 8 Al ≈ و 1 Fe	الأعمدة ومحاور الإدارة والمسامير الملولبة والبراغي، والأجزاء المعرضة للبلى الاحتكاكي (التآكل) مثل تروس تغيير السرعات والتروس الدودية وأجزاء المحامل التي يؤثر عليها تحميل عال وألواح الطباعة والأجزاء الانزلاقية شديدة المقاومة للتآكل الكيميائي والبلى الاحتكاكي والحرارة. وتبلغ كثافته نحو 7,4 kg/dm³.

سبائك النحاس للصب

أمثلة من المواصفات DIN 1709, 1705, 1716, 1714

التسمية	الرمز المختصر	التركيب (%)	σ_B daN/mm²	δ_5 %	HB_{10} daN/mm²	الخواص وإرشادات الاستخدام
النحاس الأصفر للصب	G-Ms 65 (G-Cu 65 Zn)	63 ... 67 Cu, 1 ... 3 Pb ، والباقي Zn مع كميات قليلة من: Ni, Sn, Fe, Mn, Al	2o	20	60	مشغولات الصب في الرمل ذات موصلية كهربائية تتراوح بين 10 m/Ω · mm² إلى 14 m/Ω · mm² واللوحات وزوائد التركيب.
النحاس الأصفر للصب بالضغط	GD-Ms 60 (GD-Cu 60 Zn)	58 ... 64 Cu، حتى 1 Al ، والباقي Zn مع كميات قليلة من: Ni, Pb, Sn, Fe, Si	35	4	100	الأجزاء الخاصة بالصناعة الكهربائية ذات الأسطح المعدنية المصقولة إلى جانب لوحات التركيب.
النحاس الأصفر الخاص للصب	G-So Ms F 75 (G-Cu 55 Zn Al 4)	55 ... 68 Cu وحتى 7,5 Al وحتى 4 Fe وحتى 5 Mn وحتى 2 Ni والباقي Zn	80	10	220	مادة تصنيع تصلح لحالات التحميل الشاق ولا تصلح للتحميل الديناميكي.
البرونز القصديري للصب	G-SnBz 14 (G-Cu Sn 14)	85 ... 87 Cu, 13 ... 15 Sn ، كميات قليلة من: P, Fe, Zn, Pb, Ni	25	5	115	مادة تصنيع صلدة للقم المحامل الانزلاقية ولوحات الإنزلاق التي تؤثر عليها إجهادات عالية كما أنها لا تتأثر بماء البحر.
سبيكة برونز المدافع الأحمر	Rg 10 (G-CuSn 10 Zn)	86,5 ... 89 Cu ، 8,5 ... 11 Sn 1 ... 3 Zn 1 ... 3 Zn	28	15	80	مثل الحالة السابقة.
	Rg 5 (G-CuSn 5 ZnPb)	84 ... 86 Cu, 4 ... 6 Sn 4 ... 6 Zn, 5,4 ... 6 Pb	24	18	70	تلائم المصبوبات المعقدة رقيقة الجدران. قابلة للصب والحام.
البرونز القصديري الرصاصي للصب	G-SnPbBz 15 (G-CuPb 15 Sn)	75 ... 79 Cu, 13 ... 17 Pb ، 7 ... 9 Sn وحتى 2 Ni وحتى 3 Zn	22	12	70	للمحامل المعرضة لضغط سطحي كبير ولكن ذات سرعات دوران منخفضة، لا يتأثر بالأحماض.
البرونز الألومنيومي المنجنيزي للصب	G-MnAlBzF 42 (G-CuAl 8 Mn)	82 ... 85 Cu, 7 ... 9 Al, 5 ... 6,5 Mn 1 ... 2 Ni وحتى 1,5 Fe	52	26	120	تصلح للعجلات الدوارة والعجلات الدليلية لريش التوربينات. ذات موصلية كهربائية أصغر من 3 m/Ω · mm².



سبائك الألومنيوم الـكثافة (2,6...2,9 kg/dm³)

طبقا للمواصفات القياسية DIN 1725

الخواص المميزة : ذات مقاومة أعلى وصلادة أكبر بالمقارنة بالألومنيوم النقي ، كما أنها ذات كثافة صغيرة جدا بالمقارنة بحديد الزهر الرمادي -GG ، وفولاذ الصب -GS وحديد الزهر الطروق -GT. كما أن بعض أنواعها قابل للتصليد بالتعتيق (الإزمان) ، ويمكن تصليدها بواسطة المعاملة الحرارية ، إلا أن زيادة التصليد تؤدي غالبا إلى جعلها أكثر تعرضا للتآكل الـكيميائي . وتزداد مقاومتها للتآكل الـكيميائي بالمعالجة السطحية أو التكسية .

تؤدي العناصر السبائكية إلى تغيير المقاومة والصلادة والتعرض للتآكل الـكيميائي بدرجة كبيرة . والسبائك الخالية من النحاس والزنك عالية المقاومة للتآكل الـكيميائي . ويمكن تشكيل السبائك اللدنة بالدلفنة والسحب والـكبس على البارد وعلى الساخن أيضا وتزداد المقاومة والصلادة بالتشكيل على البارد وبعض السبائك ذات قابلية جيدة للصب [مثل GAlSi 5 Cu 1 ,(G AlSi 9 (Cu] كما أنها ذات قابلية معتدلة للحام بصفة عامة .

سبائك الألومنيوم للتشكيل بالطرق

- Al
  - Mg
  - Mg
    - Si
  - Mn
  - Cu
    - Mn
    - Si
      - Mn
      - Pb
    - Bi
      - Pb
    - Mg
      - Pb
  - Si
  - Zn
    - Mg
      - Cu
    - Mg
  - Si

سبائك الألومنيوم للتشكيل بالصب

- Al
  - Si
    - Mg
    - Cu
  - Si
  - Cu
    - Si
  - Cu
  - Mg
    - Si
    - Mn
    - Cu

سبيكة قابلة للتصليد بالتعتيق (بالازمان)

غير قابلة للتصليد بالتعتيق .

بعض أنواع السبائك قابلة للتصليد بالتعتيق (الإزمان) .

سبائك التشكيل بالطرق

Al	سبيكة ثنائية العناصر	سبيكة ثلاثية العناصر	سبيكة رباعية العناصر
	Mg	Cu Mg	Cu...Pb
	Al Mg 1	Al Cu Mg 0,5	Al Cu Mg Pb
	Al Mg 2	Al Cu Mg 1	Al Cu Bi Pb
	Al Mg 3	Al Cu Mg 2	Al Cu Si Pb
	Al Mg 5	Mg Mn	Cu Si Mn
	Al R Mg 0,5	Al Mg Mn	Al Cu Si Mn
	Al R Mg 1	Al Mg 4,5 Nn	
	Al R Mg 2	Mg Si	
	Al 99,9 Mg 0,5	E - Al Mg Si	
	Al 99,9 Mg 1	E - Al Mg Si 0,5	
	Al 99,9 Mg 2	Al 99,9 Mg Si	
	Mn	Al Mg Si 0,8	
	Al Mn	Al Mg Si 1	
	Si	Zn Mg	Zn Mg Cu
	Al Si 5	Al Zn Mg 1	Al Zn Mg Cu 0,5
		Al 99,9 Zn Mg	Al Zn Mg Cu 1,5

سبائك التشكيل بالصب

Al	سبيكة ثنائية العناصر	سبيكة ثلاثية العناصر
	Cu	Si
	G Al Cu	G Al Cu Si
	Si	Mg
	G Al Si	G Al Si Mg
	GD Al Si 7	G Al Si 5 Mg
	GD Al Si 13	G Al Si Mg (Cu)
		Cu
		G Al Si 6 Cu 3
		G Al Si 9 (Cu)
		GD Al Si Cu
		G Al Si 5 Cu 1
	Mg	Si
	G Al Mg 3	GD Al Mg Si
	G Al Mg 5	Mn
	GD Al Mg 9	G Al Mg Mn
		Cu
		G Al Mg 3 (Cu)

الألوان المميزة لسبائك التشكيل بالطرق

مختارة من المواصفات DIN 1725

Al Cu Mg 1	Al Cu Mg Pb	Al Mg Mn	Al Mg 3	Al Mg 5	Al Zn Mg 1	Al Mg Si 1	E Al Mg Si	Al Mg 3 Si	Al Mg Si Pb	Al Mn
أحمر قاني	أحمر – أسود	أخضر	أخضر – أصفر	أخضر – أسود	أزرق – بنفسجي	أبيض	أبيض – أبيض	أخضر – أبيض	أبيض – أسود	بنفسجي

الألوان المميزة لسبائك التشكيل بالصب

G Al Cu	G Al Cu Si	G Al Si	GD Al Si 13	G Al Si Mg	G Al Si 5 Mg	G Al Si Mg (Cu)	G Al Si 6 Cu 3
أحمر – أحمر – أحمر	أحمر – أحمر	أزرق – أبيض	بني	أزرق – أصفر – أبيض	أصفر – أخضر – أبيض	أزرق – أصفر	أحمر
G Al Si 9 (Cu)	**G Al Si 5 Cu 1**	**G Al Mg 3**	**G Al Mg 5**	**GD Al Mg 9**	**GD Al Mg Si**	**G Al Mg Mn**	**G Al Mg 3 (Cu)**
أزرق – أحمر – أزرق	أزرق – أحمر	أصفر – أبيض	أصفر – أبيض – أصفر	أخضر – أبيض	–	أبيض – أصفر – أبيض	أصفر

تحديد نوع المعدن الخفيف (بالمعالجة الـكيميائية بمحلول الصودا الـكاوية)

مادة التصنيع	ألومنيوم نقي	ألومنيوم مصبوب	اللوتال ، الديورالومين	إلـكترون
اللون المكتسب	أبيض فضي	أسود	أسود	لا يوجد

سبائك الألومنيوم (للتشكيل بالطرق) الطروقة

منتخب من مواصفات DIN 1725

التسمية / الكثافة	التركيب %	مقاومة الشد daN/mm²	الخواص	الاستخدام
E AlMgSi ϱ = 2,7 kg/dm³ سبيكة الآلدري أبيض - أبيض	0,5...0,6 Si 0,3...0,5 Mg والباقي Al	17	قابلة للتصليد بالتعتيق (الإزمان) ، وتقاوم التآكل الكيميائي وذات موصلية كهربائية جيدة تبلغ (30 m/Ω·mm²)	سبيكة خاصة للموصلات الكهربائية (خطوط التوصيل الهوائية) .
AlMgSi 1 ϱ = 2,7 kg/dm³ ديورالومين (AlMgSiPb) أبيض	0,2...1,0 Mn 0...0,3 Cr 0,6...1,6 Si 0,6...1,4 Mg والباقي Al	لينة : 11...13 مصلدة بالتعتيق : 26...35	قابلة للتصليد بالتعتيق ، وذات قابلية جيدة للتشكيل والتلميع والأكسدة الأنودية ، كما أنها تقاوم التآكل الكيميائي (وذات قابلية جيدة للتشكيل بالقطع اذا ما احتوت على الرصاص) .	تستخدم لإنتاج أجزاء التركيبات التي تتعرض لإجهاد ميكانيكي متوسط مع ثبات تركيبها الكيميائي .
AlMg 5 ϱ = 2,6 kg/dm³ (AlMg 7) الهيدروناليوم أخضر - أسود	0...0,6 Mn, 0...0,3 Cr 4,3...5,5 Mg والباقي Al	لينة : 30...34 صلدة : 34...38	ذات مقاومة عالية (تتناقص بتناقص المغنسيوم) وقابلية جيدة للتشكيل والحام والتلميع والأكسدة الأنودية .	تستخدم لإنتاج أجزاء التركيبات التي تتطلب مقاومة شديدة للتآكل الكيميائي عند توفر مقاومة متوسطة أو عالية (الصناعات الكيميائية والغذائية وبناء السفن) .
AlCuMg 1 ϱ = 2,8 kg/dm³ (AlCuMgpl) أحمر	0,3...1 Mn 0,4...1 Mg 0,2...0,8 Si 3,5...4,7 Cu والباقي Al	لينة : 16...22 مصلدة بالتعتيق : 34...48	ذات قابلية التصليد بالتعتيق في درجة حرارة الغرفة ، وذات مقاومة عالية جدا ، قابلة للتلميع ، مع مقاومة شديدة للتآكل الكيميائي بدرجات مقاومة مختلفة ، كما أنها ذات قابلية جيدة للتشغيل بالقطع .	تستخدم لانتاج أجزاء التركيبات المعرضة لإجهادات ميكانيكية عالية (مادة تصنيع ممتازة) . قابلة للتلميع . تستخدم في حالة المتطلبات العالية لمقاومة التآكل الكيميائي .

سبائك الألومنيوم للتشكيل بالصب

منتخب من مواصفات DIN 1725

التسمية / الكثافة	التركيب %	مقاومة الشد daN/mm²	الانفعال %	صلادة برينل daN/mm²	الاستخدام
G-AlCu 5 Si 3 (سبيكة قياسية رقم 223) ϱ = 2,8 kg/dm³	2,0...4,0 Si 3,0...6,0 Cu والباقي Al	صب في الرمل : 16...20	0,5...2	75...100	تصلح لجميع أنواع المصبوبات البسيطة التي لاتتعرض لإجهاد الصدمات .
G-AlMg 3 ϱ = 2,7 kg/dm³	0...0,2 Ti, 0...0,5 Mn, 0...1,3 Si والباقي Al 2...4 Mg	بدون معاملة حرارية : 14...19 مصلدة بالتعتيق 21...28	3...8 2...8	50...60 70...90	تصلح للمصبوبات المعرضة لإجهادات متوسطة وعالية . وتستخدم في الصناعات الغذائية ، والكيميائية ولوحات التركيب ، وصناعات الأجهزة .
G-AlSi 12 (Cu) (سبيكة قياسية رقم 231) ϱ = 2,65 kg/dm³	0...0,5 Mn 11...13 Si والباقي Al Cu حتى 1,0	صب في الرمل : 15...22	1...4	50...65	تصلح لجميع أنواع المصبوبات المعقدة والمصبوبات رقيقة الجدران المعرضة لإجهادات عالية ومحكمة لمنع تسرب السوائل .
G-AlSi 10 Mg (Cu) (سبيكة قياسية رقم 233) ϱ = 2,65 kg/dm³	0...0,5 Mn, 0,2...0,4 Mg والباقي Al 9,0...11 Si	بدون معاملة حرارية : 18...24 مصلدة بالتعتيق : 22...30	2...5 1...4	55...65 80...110	تصلح للمصبوبات المعقدة والمصبوبات رقيقة الجدران والتي لاتتأثر بالذبذبات ، والمعرضة لإجهادات عالية .
GD-AlMg 9 (تصب بالضغط) ϱ = 2,6 kg/dm³	0,2...0,5 Mn 7...10 Mg والباقي Al Si 0...1,0	19...27	3...1	65...85	تستعمل لجميع أنواع المصبوبات . ذات مقاومة كيميائية عالية وقابلية جيدة للتلميع .



سبائك النيكل

منتخب من المواصفات DIN 17741 ...DIN 17745

الخواص المميزة : للنيكل (Ni) قدرة شديدة على التلوين (يجعل السبائك بيضاء) . كذلك يزيد النيكل من المقاومة الكهربائية لسبائك **النحاس والنيكل** ويقلل من معدل تغيرها بزيادة درجة الحرارة (ولذا يمكن استخدامها في المقاومات التي لا تتأثر بالحرارة، كالكونستانتان) وتصلح مواد التصنيع ذات النسبة العالية من **النيكل** للتشغيل في درجات حرارة عالية (أجهزة التسخين الكهربائية)، وبالإضافة إلى ذلك فإن لهذه السبائك مقاومة نوعية كبيرة. وبإضافة **الكروم** يمكن الحصول على أكبر قدر من مقاومة الحرارة والتآكل الكيميائي، كما أن خلط **الحديد بالنيكل** يرفع من مقاومة التآكل الكيميائي والصلادة والمقاومة الكهربائية والخواص المغنطيسية. يقلل التسخين من المواصلة الحرارية والتمدد الطولي لسبيكة البرمالوي في حدود معينة حتى تساوي صفرا بصفة عملية (تحتوي سبيكة الأنفار 630 على 36% من **النيكل**) .

التسمية / الرمز المختصر	التركيب %	الخواص المميزة: المقاومة (daN/am²)، انفعال الكسر %، صلادة برينل HB (daN/mm²)، المقاومة النوعية (Ω mm²/m)، الجهود الحرارية (mV) .	الاستخدام
نيكل 98 Ni 98	حتى 0,5 Fe، حتى 0,1 Mg على الأقل 98 Ni حتى 1,5 Mn	مقاومة الشد: لين: 40...45، صلد: 75 الانفعال: لين: 30...45، صلد: 1 HB: لين: 80...90، صلد: 180...200	للأقطاب الموجبة (المصعد) وغيرها من مكونات الصمامات الإلكترونية والمقاومات الكهربائية (وإلى حد كبير كطبقة تكسية للحديد) وللأجهزة الكيميائية .
سبيكة النيكل NiMn 2 NiMn 2	0,2...1 Al، حتى 0,5 Fe حتى 1,5 Si، حتى 0,1 Mg على الأقل 96,5 Ni 1...2 Mn	الجهود الحرارية بالازواج مع Ni 88 Cr درجة الحرارة °C: 20 — mV: 0 100 — ≈ 3,22 300 — ≈ 11,42 600 — ≈ 24,12 1200 — ≈ 48,20	للمزدوجات الحرارية وخطوط التعادل وشموع الاشعال .
سبيكة النيكل Ni 88 Cr Ni 88 Cr	9...12 Cr، 0,5...2 Mn حتى 0,5 Si حتى 0,5 Fe 87...89 Ni	الجهود الحرارية بالازواج مع NiMn 2 انظر ما سبق	المزدوجات الحرارية وخطوط التعادل .
سبيكة النيكل Ni 80 Cr Ni 80 Cr	18...20 Cr، 76...80 Ni حتى 1,5 Mn، حتى 3 Fe حتى 0,1C، حتى 1,5 Si	المقاومة النوعية 1,1 $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$: 20 °C 1,16 : 1000 1200°C هي درجة الحرارة القصوى للإستعمال	لأسلاك المقاومات ذات قيم أومية عالية، بأقطار أقل من 0,15، وأسلاك المقاومات المزججة، بأقطار أقل من 0,3 وكذلك لأسلاك مصابيح النيون، وكاويات الخام الكهربائية، والأفران الكهربائية لدرجة حرارة أعلى من 1050°C، وموصلات التسخين للإجهادات الميكانيكية الخاصة .
سبيكة النيكل Ni 60 Cr Ni 60 Cr 15	حتى 1 Si، حتى 2 Mn حتى 0,2 C 15...20 Cr 58...63 Ni، 17...23 Fe	المقاومة النوعية 1,11 : $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$: 20 °C 1,25 : 1000 1050°C هي درجة الحرارة القصوى للإستعمال	للمقاومة الأومية العالية الملامسة للخزف، وموصلات التسخين بالمواصفات السابقة، ولكن لأقطار أقل من 0,3، وكذلك للمقاومات المزججة بأقطار أقل من 1 .

سبائك النيكل لألواح المحولات

منتخب من DIN 17745

الرمز المختصر	التركيب الوزني % [1]	الإستخدام [2]
NiFe 15 Mo NiFe 16 Cu Cr	78,5 Ni, 14...17 Fe, 3...5 Mo 75,5 Ni, 15...17 Fe, 4...6 Cu, 1,5...2,5 Cr	ألواح المحولات والملفات الخانقة ومحولات القياس والمرحلات والحواجب والمضخمات المغنطيسية .
NiFe 16 Cu Mo NiCu 14 Fe Mo	75,5 Ni, 15...17 Fe, 4...6 Cu, 3...5 Mo 70 Ni, 10...12 Fe, 13...15 Cu, 2,5...3,5 Mo	كالسابقة، إلا أنها ذات خواص مغنطيسية أفضل، أهمها ملاءمة أفضل لشدة المجال القهري .
Ni 48	على الأقل 46 Ni, 49...53 Fe	كالسابقة، إلا أنه يفضل إستخدامها للقلوب الرقائقية ذات منحنيات مغنطة شديدة الانحدار .

١) تضم نسبة النيكل في السبائك نسبة من الكوبلت تصل الى 1% . وبالإضافة إلى ذلك يسمح في جميع السبائك بإضافات تصل إلى 0,05 C, 1,0 Mn, 0,3 Si ونسبة من الإضافات الأخرى مجتمعة تبلغ 0,3 .

٢) جميع السبائك المذكورة عبارة عن مواد تصنيع ذات محتفظية مغنطيسية منخفضة وذات شدة مجال قهري صغيرة (أقل من 0,03 A/cm في بعض الأحيان) وإنفاذية ابتدائية عالية .

سبائك المقاومات الـكهربائية

منتخب من مواصفات DIN 17471

الإسم التجاري	CuMn 12 Ni	CuNi 20 Mn 10	CuMn 12 Ni Al	CuNi 44	CuNi 30 Mn	CuMn 2	5 Si 16
الـكثافة بوحدة (kg/dm³)	8,4	8,5	8,2	8,9	8,8	8,8	7,6
متوسط المقاومة النوعية بوحدة $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$	0,43 (WM 43)	0,49 (WM 50)	0,49 (WM 50)	0,49 (WM 50)	0,40	0,125 (WM 13)	0,52
درجة حرارة الإنصهار بوحدة °C	960	1030	1000	1280	1180	1040	1440
الحرارة النوعية بوحدة J/g·K	0,406	0,412	0,406	0,412	0,4	0,38	0,50
التمدد بالحرارة 10^{-6}/K	18	16	17,5	13,5	14,5	16,5	12,5
مقاومة الشد بوحدة (daN/mm²)	20	20	15	20	20	15	40
التركيب	12 Mn, 2 Ni والباقي Cu	10 Mn, 20 Ni والباقي Cu	12 Mn, 5 Ni 1,2 Al والباقي Cu	44 Ni, 1 Mn والباقي Cu	30 Ni, 3 Mn والباقي Cu	2 Mn, 0,8 والباقي Cu	4 Si والباقي Fe

تستخدم السبائك CuNi 44 و CuNi 30 Mn و CuMn 12 Ni في صناعة المقاومات الدقيقة

سبائك موصلات التسخين

منتخب من المواصفات DIN 17470

التسمية التجارية		CrAl 8 5	CrAl 20 5	CrAl 30 5	CrNi 25 20	NiCr 30 20	NiCr 60 15	NiCr 80 20
رقم المادة		1,4903	1,4905	1,4774	1,4843	1,4860	1,4867	1,4869
متوسط النسبة المئوية للتركيب الـكيميائي %		< 0,1 C 5,5 Al 8 Cr	< 0,1 C 4,5 Al 20 Cr	< 0,1 C 4,5 Al 29 Cr	< 0,2 C 24 Cr 19 Ni	< 0,2 C 21 Cr 30 Ni	< 0,15 C 15 Cr 60 Ni	< 0,15 C 19 Cr 78 Ni
الـكثافة بوحدة (kg/dm³)		7,2	7,2	7,1		7,9	8,2	8,3
المقاومة النوعية بوحدة $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ عند °C	20	1,25	1,37	1,44	0,95	1,04	1,11	1,09
	200	1,28	1,38	1,44	1,04	1,11	1,15	1,11
	500	1,34	1,40	1,45	1,15	1,20	1,20	1,13
	1000	1,44	1,43	1,46	1,26	1,30	1,25	1,13
درجة حرارة التشغيل بوحدة (°C)*		950	1150	1250	1050	1100	1075	1150
نقطة الإنصهار بوحدة (°C) مقربة		1500	1500	1500	1380	1390	1390	1400
الحرارة النوعية بوحدة J/g·K	عند 20°C	0,50	0,46	0,46	0,50	0,50	0,46	0,42
	بين 0°C و 100°C	0,63	0,63	0,63	0,54	0,54	0,54	0,50
معامل التوصيل الحراري بوحدة : J/cm·s·K عند 20°C		0,126	0,126	0,126	0,130	0,130	0,134	0,147
مقاومة الشد بوحدة (daN/mm²)		65	73	80	68	68	68	68
أقل انفعال للـكسر %		12	12	12	40	30	30	30
الحساسية ضد الاهتزازات والصدمات عند الاستخدام في درجة حرارة الغرفة		متوسطة	كبيرة	كبيرة	**)	لا تتأثر		
قابلية التشغيل		حساسة ضد إعادة فرد الحني، الأقطار الثخينة قابلة للتشكيل حتى 250°C فقط			جيدة (يفضل استخدامها لموصلات التسخين)			
الصدأ		ضئيلة	متوسطة	متوسطة	كبيرة جدا			
المقاومة ضد : الغازات الـكبريتية		الأكسدة : كبيرة جدا الاختزال : كبيرة			الأكسدة : متوسطة الاختزال : متوسطة	الأكسدة : متوسطة الاختزال : ضئيلة	الأكسدة : ضئيلة الاختزال : ضئيلة	الأكسدة : ضئيلة الاختزال : ضئيلة جداً
الغازات الحاوية على الأزوت وكمية ضئيلة من الاكسجين		ضئيلة			كبيرة			
الـكربنة السطحية		كبيرة تقريبا			متوسطة	ضئيلة للغاية		

*) القيم الخاصة بقطر 2 للاستخدام الدائم في الهواء. حالة انجاز السطح : مصقول (أملس) أو مؤكسد. حالة التشغيل : مسحوب أو مدلفن، لين. أشكال التوريد : بشكل لفائف أو حلقات. **) حساسة عند درجة حرارة من 500°C إلى 700°C غير حساسة فوق 900°C.



معدن محامل بأساس رصاصي وقصديري (الكثافة : 7,1...10,1 kg/dm²)

طبقا للمواصفات DIN 1703

التسمية الرمز المختصر التسمية السابقة	التركيب %	مجال درجات حرارة الانصهار (مجال الصب) بوحدة (°C)	صلادة برينل HB بوحدة (daN/mm²) عند درجة : 100°C	20°C	نسبة الانكماش الطولي %	الاستخدام
رصاص محامل صلد 12 Lg Pb Sb 12	حتى 1,5 Cu حتى 1,5 As والباقي Pb 10,5..13 Sb, حتى 0,3 Ni	254...380 (380...550)	8	18	0,4...0,6	يستخدم بصورة عامة في تصميم المكنات في حالة الإجهاد العادي
معدن أبيض 5 Lg Pb Sn 5 WM 5	0,5...1,5 Cu 77,5...79,5 Pb 4,5...5,5 Sn 14,5...16,5 Sb	235...370 (420...450)	6	22	0,5...0,6	للمحامل الانزلاقية عند المتطلبات العالية والتحميل العالي
معدن أبيض 6 يحتوي على الكادميوم Lg Pb Sn 6 Cd	14...16 Sb 0,6...1 Cd 0,2...0,6 Ni 5 ...7 Sn, 0,8...1,2 Cu, 0,3...1 As, والباقي Pb	245...420 (480...520)	15	26	0,5...0,6	للمتطلبات القصوى لخواص الانزلاقية والتحميل العالي . قابلة لحام الصلد والرخو

رصاص المراكم والكبلات

طبقا للمواصفات DIN 17640 DIN 17641

التسمية	الرمز المختصر	التركيب %		الاستخدام
رصاص صلد	Pb Sb 9	8,7 ... 9 Sb Sn, Zn, Ni	91 ... 91,3 Pb, وآثار من : Ag, As, Bi, Cu, Fe,	لشبكات المراكم العادية للمراكم قصيرة العمر (للسيارات) والمراكم الرصاصية الصغيرة (باستثناء الألواح الموجبة ذات المساحة السطحية الكبيرة) .
رصاص الكبلات	Kb – Pb Kb – Pb(Sb) Kb – Pb – Sb 2,5	وآثار من : Ag, As, Bi, Cu, Fe, Sn, Zn	0,1...0,15 Sb 0,5...1,0 Sb ≧ 2,5 Sb	أغلفة الكبلات المعرضة لإجهادات عادية
	Kb – Pb/Sb 2,5 Kb – Pb Te 0,04		≧ 0,035 Te	أغلفة الكبلات المعرضة لاهتزازات وصدمات شديدة

سبائك لحام الرصاص والقصدير (سبائك اللحام الرخو)

طبقا لمواصفات DIN 1707

التسمية	الرمز المختصر	الكثافة (kg/dm³)	الحد الأدنى لدرجة حرارة التشغيل (°C)	أهم المكونات السبائكية	الاستخدام
سبيكة قصدير 60 لحام	L Sn 60	8,5	185	60 Sn, 3,3 Sb والباقي Pb	لقصدرة الموصلات الكهربائية
سبيكة قصدير 50 لحام	L Sn 50	8,8	200	50 Sn, 3,3 Sb والباقي Pb	لحامات القصدير الدقيقة
سبيكة قصدير 40 لحام	L Sn 40	9,3	223	40 Sn, 2,7 Sb ~57 Pb	لحامات القصدير الدقيقة
سبيكة قصدير 25 لحام	L Sn 25	9,8		25 Sn, 1,7 Sb ~73,5 Pb	لحامات القصدير العامة واللحام باللهب فقط
سبيكة رصاص 98,5 لحام	L Pb 98,5	11,2	320	98,5 Pb	لحامات الرصاص ذات المتطلبات البسيطة (ألواح المشع)
سبيكة قصدير 90 لحام	L Sn 90	7,5	219	90 Sn, 1,3 Sb, ~8,4 Pb	لحامات القصدير الدقيقة جداً

سبائك لحام الفضة

منتخب من المواصفات DIN 1734

التسمية	الرمز المختصر	الحد الأدنى لدرجة حرارة التشغيل (°C)	أهم المكونات السبائكية	الاستخدام
سبيكة فضة 8 لحام	L Ag 8	860	7...9 Ag وحتى 55 Cu والباقي Zn	لحامات الكبيرة بالفضة للأجزاء السميكة
سبيكة فضة 12 لحام	L Ag 12	830	11...13 Ag وحتى 52 Cu والباقي Zn	لحامات الكبيرة بالفضة للأجزاء متوسطة السُمك
سبيكة فضة 20 لحام	L Ag 20	750	19...21 Ag 13...17 Cd وحتى 43 Cu	لحامات الصغيرة بالفضة للألواح الرقيقة
سبيكة فضة 25 لحام	L Ag 25	780	24...26 Ag وحتى 43 Cu والباقي Zn	للألواح الرقيقة والأسلاك (بالأجهزة الميكانيكية الدقيقة)

سبائك اللحام الصلدة وسبائك اللحام بالصهر

منتخب من المواصفات DIN 1733

التسمية	الرمز المختصر	الحد الأدنى لدرجة حرارة التشغيل (°C)	أهم المكونات السبائكية	الاستخدام
سبيكة نحاس أصفر 85 لحام	L Ms 85	1020	84...86 Cu وعلى الأقل 0,3 Si, 13 Zn	للأجهزة ومواد التصنيع النحاسية والفولاذ
سبيكة نحاس أصفر 63 لحام	L Ms 63	910	62...64 Cu وعلى الأقل 0,3 Si, 35 Zn	
سبيكة نحاس أصفر 42 لحام	L Ms 42	845	41...43 Cu وعلى الأقل 56 Zn	للمقابض ومواد التصنيع النحاسية والنيكلية وبدلا من سبيكة الفضة لحام في حالات الإجهادات
سبيكة برونز فوسفوري 8 لحام	L CuP 8	710	8 P والباقي Cu	المسببة لإنفعالات ضئيلة وللمواد النحاسية .
سلك نحاس لحام بالصهر	S Cu	1070	98 Cu والباقي Ag, Mg, Ni, P	للأجهزة الكهربائية والكيميائية النحاسية .

سبائك المغنسيوم

طبقا للمواصفات DIN 1729

الخواص المميزة :

ذات كثافة منخفضة (1,8 kg/dm³) ، ودرجة انصهار منخفضة (من 440°C إلى 640°C) ، وذات قابلية جيدة للتشغيل بالقطع (يمكن استخدام أقصى سرعة قطع ممكنة) ، ومعامل مرونة صغير جدا (ولذا فإنها مخمدة للضوضاء) ، وغير حساسة للتحميل الصدمي لا تتأثر بالقلويات المخففة ، كما أنها حساسة للحزوز والخدوش السطحية وغير قابلة لحام الصلد والرخو إلا إنها قابلة لحام بصورة محدودة (بعض السبائك فقط) ولا يمكن تشكيلها إلا على الساخن ، إلى جانب تأثرها بالأحماض والماء . جذاذات (رائش) المغنسيوم سهلة الإشعال (ولذا يجب الحذر عند تشغيلها بالقطع) .

سبائك التشكيل بالطرق : Mg Mn2 (وألوانها المميزة هي أصفر – أسود – أحمر) ، والسبيكة Mg Al 3 Zn (وألوانها المميزة هي أصفر – أسود – أخضر) ، والسبيكة Mg Al 6 Zn (وألوانها المميزة هي أصفر – أسود – أبيض) ، والسبيكة Mg Al 8 Zn (وألوانها المميزة هي أصفر – أسود – أزرق) ، والسبيكة Mg Zn Zr (وألوانها المميزة هي أصفر – أسود – أصفر) .

أشكال التوريد : ألواح وأنابيب وقضبان مصمتة ومقاطع واجهية ومواد كبس ومواد ومشغولات للحدادة .

سبائك التشكيل بالصب والتشكيل بالصب والضغط

G - Mg Al 6 Zn 3	G - Mg Al 8 Zn 1	G - Mg Al 9 Zn 1	G - Mg Al 9 Zn 2
أصفر – أبيض	أصفر – أزرق	أصفر – أسود	أصفر – أخضر

الأوزان والمقاسات

الفولاذ المبروم والمربع والمسدس

الوزن بالكيلوجرام لكل متر طولي – الكثافة = 7,85 kg/dm³

Ø فولاذ مبروم طبقا للمواصفات القياسية DIN 175, 668, 670
▣ فولاذ مربع طبقا للمواصفات القياسية DIN 1014
⬡ فولاذ مسدس طبقا للمواصفات القياسية DIN 1015

d (a) (a)	مبروم	مربع	مسدس
5	0,154	0,196*	0,170
5,5			0,206
6	0,222	0,283*	0,245
7	0,302	0,385*	0,333
8	0,395	0,502	0,435
9	0,499	0,636	0,551
10	0,617	0,785	0,680
11	0,746	0,950	0,823
12	0,888	1,13	
13	1,04	1,33	
14	1,21	1,54	1,33
15	1,39	1,77	
16	1,58	2,01	
17	1,78	2,27	1,96
18	2,00	2,54	
19	2,23	2,83	2,45
20	2,47	3,14	
21	2,72	3,46	
22	2,98	3,80	3,29
23	3,26	4,16	
24	3,55	4,52	
25	3,85	4,91	
26	4,17	5,31	
27	4,49	5,72	4,96
28	4,83	6,15	
29	5,19	6,60	
30	5,55	7,07	
31	5,92		
32	6,31	8,04	6,96

d (a) (a)	مبروم	مربع	مسدس
33	6,71		
34	7,13	9,07	
35	7,55	9,62	
36	7,99	10,2	8,81
37	8,44		
38	8,90	11,3	
39	9,38		
40	9,87	12,6	
41	10,4	13,2*	11,4
42	10,9	13,9	
43	11,4		
44	11,9		
45	12,5	15,9	
46	13,0	16,6*	14,4
48	14,2		
50	15,4	19,6	17,0
53	17,3		
55	18,7	23,7	20,6
58	20,7		
60	22,2	28,3	24,5
63	24,5		
65	26,0	33,2	28,7
68	28,5		
70	30,2	38,5	33,3
73	32,9		
75	34,7	44,2	38,2
78	37,5		
80	39,5	50,2	43,5

أطوال القضبان ونوع التوريد	السمك	طول القضيب	السمك	طول القضيب	بسمك أكبر من 210 mm ويصل الطول إلى 5 أمتار
	5 ... 70 mm	3 ... 15 m	120 ... 170 mm	3 ... 8 m	
	70 ... 120 mm	3 ... 10 m	170 ... 200 mm	3 ... 6 m	

أشكال قياسية أخرى : فولاذ مبروم حتى d = 200 ، فولاذ مربع حتى a = 160 mm وفولاذ مسدس حتى a (إتساع فتحة المفتاح) = 100 مليمترا

* أشكال غير قياسية



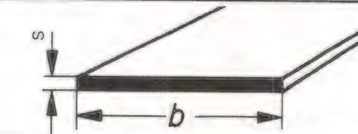
الفولاذ المسطح

الوزن بالكيلوجرام لكل متر طولي، الكثافة = 7,85 kg/dm³

العرض b بوحدة mm	السمك (الثخانة) s بوحدة (mm) — الوزن بوحدة kg/m تقريبا: 5	6,5	8	10	11	12	13	15	20	25	30	40	50	60
12	0,471		0,754	0,942										
14	0,550		0,879	1,10										
15	0,589		0,942	1,18										
16	0,628	0,816	1,01	1,26		1,51	1,63							
18	0,707	0,918	1,13	1,41		1,70	1,84							
20	0,785	1,02	1,26	1,57		1,88	2,04							
22	0,864	1,12	1,38	1,73	1,90	2,07	2,25							
25	0,981	1,28	1,57	1,96		2,36	2,55							
28	1,10	1,43	1,76	2,20		2,64	2,86							
30	1,18	1,53	1,88	2,36		2,83	3,06	3,53	4,71	5,89				
32	1,26	1,63	2,01	2,51		3,01	3,27	3,77	5,02					
35	1,37	1,79	2,20	2,75		3,30	3,57	4,12	5,50	6,87				
38	1,49	1,94	2,39	2,98	3,28	3,58	3,88	4,47	5,97	7,46				
40	1,57	2,04	2,51	3,14		3,77	4,08	4,71	6,28	7,85	9,42			
45	1,77	2,30	2,83	3,53		4,24	4,59	5,30	7,07	8,83	10,6			
50	1,96	2,55	3,14	3,93	4,32	4,71	5,10	5,89	7,85	9,81	11,8	15,7		
55	2,16	2,81	3,45	4,32	4,75	5,18	5,61	6,48	8,64		13,0			
60	2,36	3,06	3,77	4,71	5,18	5,65	6,12	7,07	9,42	11,8	14,1	18,8	23,6	
65	2,55	3,32	4,08	5,10	5,61	6,12	6,63	7,65	10,2	12,8	15,3		25,5	
70	2,75	3,57	4,40	5,50	6,04	6,59	7,14	8,24	11,0	13,7	16,5	22,0	27,5	
80	3,14	4,08	5,02	6,28	6,91	7,54	8,16	9,42	12,6	15,7	18,8	25,1	31,4	37,7
90	3,53	4,59	5,65	7,07	7,77	8,48	9,18	10,6	14,1	17,7	21,2	28,3	35,3	42,4
100	3,93	5,10	6,28	7,85	8,64	9,42	10,2	11,8	15,7	19,6	23,6	31,4	39,3	47,1
110	4,32	5,61	6,91	8,64	9,50	10,4	11,2	13,0	17,3	21,6	25,9	34,5		51,8
120	4,71	6,12	7,54	9,42	10,4	11,3	12,2	14,1	18,8	23,6	28,3	37,7	47,1	56,5
130	5,10	6,63	8,16	10,2	11,2	12,3	13,3	15,3	20,4	25,5	30,6	40,8		
140	5,50	7,14	8,79	11,0	12,1	13,2	14,3	16,5	22,0	27,5	33,0	44,0		
150	5,89	7,65	9,42	11,8	13,0	14,1	15,3	17,7	23,6	29,4	35,3	47,1	58,9	70,7

أشكال التوريد طبقا للمواصفات القياسية DIN 1017 : في قضبان ذات أطوال من 3 m إلى 15 m وعرض من 12 mm إلى 150 mm والحد الأدنى 5 mm بخلاف القيم الواردة في الجدول فإن مقاسات السمك التالية قياسية أيضا : 6, 7, 9, 14, 16, 17, 18, 19, 22

الفولاذ الشريطي



الوزن بالكيلوجرام لكل متر طولي، الكثافة = 7,85 kg/dm³

العرض b بوحدة mm	السمك s بوحدة (mm) — الوزن بوحدة (kg/m): 0,8	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
10	0,063	0,079	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,31	
12	0,075	0,094	0,14	0,19	0,24	0,28	0,33	0,38	
16	0,101	0,126	0,19	0,25	0,31	0,38	0,44	0,50	0,62
20	0,126	0,157	0,24	0,31	0,39	0,47	0,55	0,63	0,79
25	0,157	0,196	0,29	0,39	0,49	0,59	0,69	0,79	0,98
30	0,188	0,236	0,35	0,47	0,59	0,71	0,82	0,94	1,18
35	0,220	0,275	0,41	0,55	0,69	0,82	0,96	1,10	1,37
40	0,251	0,314	0,47	0,63	0,79	0,94	1,10	1,26	1,57
50	0,314	0,393	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,96
60			0,71	0,94	1,18	1,41	1,65	1,88	2,36
70				1,10	1,37	1,65	1,92	2,20	2,75
80				1,26	1,57	1,88	2,20	2,51	3,14
100						2,36	2,75	3,14	3,93
120							3,30	3,77	4,71
150							4,12	4,71	5,89
مقاسات العرض المعتادة	60	100	170	350	400	500			

أشكال التوريد طبقا للمواصفات DIN 1016 : في لفات أو حزم أو شرائط مدلفنة مستقيمة

الألواح المعدنية

المقاسات التجارية للألواح المعدنية

ألواح الفولاذ بسُمك يزيد عن 2 mm	ألواح الفولاذ (صاج) من 0,38 إلى 10 mm		ألواح الفولاذ (صاج) من 0,28 إلى 1 mm		ألواح الفولاذ (صاج) من 0,1 إلى 1 mm	
	ألواح النحاس والرصاص والنحاس الأصفر والألومنيوم والزنك					صاج أبيض بسُمك يزيد عن 2 mm
1250 x 2500	1000 x 2000	800 x 1600	700 x 1400	600 x 1200	500 x 1000	530 x 760
3,125 m²	2 m²	1,28 m²	0,98 m²	0,72 m²	0,5 m²	0,403 m²
أوزان الألواح المعدنية ذات سمك 1 mm						
24,531 kg	15,7 kg	10,048 kg	7,693 kg	5,652 kg	3,925 kg	3,162 kg

أوزان الألواح المعدنية بوحدة (kg/m²)

2,73	8,65	8,5	8,9	11,34	7,18		8,5		7,85	الكثافة kg/dm³
ألواح الألومنيوم	ألواح النحاس الأصفر Ms 80	Ms 63	ألواح النحاس	ألواح الرصاص	ألواح الزنك		الصاج الأبيض		ألواح الفولاذ (صاج)	
						سُمك اللوح	الوزن	سُمك اللوح	الوزن	سُمك اللوح
kg/m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	mm	kg/m²	mm	kg/m²	mm
–	0,86	0,85	0,89	–		0,10	1,70	0,20	0,785	0,10
–	1,30	1,28	1,34	–	1,08	0,15	1,87	0,22	1,413	0,18
0,55	1,73	1,70	1,78	–	1,44	0,20	2,04	0,24	1,570	0,2
0,68	2,16	2,13	2,23	–	1,80	0,25	2,38	0,28	1,73	0,22
0,82	2,60	2,55	2,67	3,40	2,15	0,30	2,72	0,32	1,88	0,24
0,96	3,03	2,98	3,12	–	2,51	0,35	3,15	0,37	2,20	0,28
1,09	3,46	3,40	3,56	4,54	2,87	0,40	3,57	0,42	2,51	0,32
1,23	3,89	3,83	4,01	–	3,23	0,45	3,91	0,46	2,98	0,38
1,37	4,32	4,25	4,45	5,67	3,59	0,50	4,42	0,52	3,45	0,44
–	4,76	4,68	4,90	–	3,95	0,55	4,93	0,58	3,93	0,5
1,64	5,19	5,10	5,34	6,80	4,31	0,60	5,44	0,64	4,40	0,56
–	5,62	5,53	5,79	–	4,67	0,65	5,95	0,70	4,95	0,63
1,91	6,06	5,95	6,23	7,94	5,03	0,70	6,80	0,80	5,88	0,75
–	6,49	6,38	6,68	–	5,38	0,75	7,56	0,90	6,91	0,88
2,18	6,92	6,80	7,12	9,07	5,74	0,80	8,50	1	7,85	1
–	7,35	7,23	7,57	–	–	0,85	العلامة التجارية		8,87	1,13
2,46	7,79	7,65	8,01	10,21	6,46	0,90			9,81	1,25
2,73	8,65	8,50	8,90	11,34	7,18	1			10,8	1,38
3	9,52	9,35	9,79	–	–	1,10			11,8	1,5
3,28	10,38	10,20	10,68	–	8,62	1,20	4/L	0,20	13,7	1,75
3,55	11,25	11,1	11,60	–	–	1,30	3/L	0,22	15,7	2
3,62	12,11	11,9	12,50	–	10,1	1,40	2/L	0,24	17,7	2,25
4,10	12,98	12,8	13,35	17,01	10,8	1,50	1/L	0,28	19,6	2,5
–	14,71	14,5	15,10	–	–	1,70	J/C	0,32	21,6	2,75
4,91	15,57	15,3	16,02	–	12,9	1,80	1/X	0,37	23,6	3
5,46	17,30	17,0	17,80	22,68	14,4	2	2/X	0,42	25,5	3,25
6,83	21,63	21,3	22,30	28,35	18	2,50	3/X	0,46	27,5	3,5
7,64	24,22	23,8	24,90	–	20,1	2,80	4/X	0,52	29,4	3,75
8,19	25,95	25,5	26,70	34,02	21,5	3	5/X	0,58	31,4	4
8,74	27,68	27,2	28,50	–	–	3,20	6/X	0,64	33,4	4,25
9,56	30,26	29,8	31,20	39,69	25,1	3,50	7/X	0,70	35,3	4,5
10,90	34,60	34,0	35,60	45,36	28,7	4	8/X	0,80	37,3	4,75



الأسلاك غير المعزولة

طبقا لمواصفات DIN 46 431, 46 425, 177, 1757

الوزن بالجرام لكل 1000 m من الطول

القطر بوحدة mm ∅	النحاس * DIN 1766 ϱ = 8,9	الألومنيوم DIN 46425 ϱ = 2,7	الفولاذ DIN 177 ϱ = 7,8	النحاس الأصفر DIN 1757 ϱ = 8,56
0,02	2,80	0,848	2,45	2,69
0,03	6,29	1,91	5,51	6,05
0,04	11,18	3,40	9,80	10,8
0,05	17,48	5,30	15,3	16,8
0,06	25,16	7,64	22,1	24,2
0,07	34,25	10,4	30,0	32,9
0,08	44,74	13,6	39,2	43,0
0,09	56,62	17,2	49,6	54,5
0,10	69,90	21,2	61,3	67,2
0,12	100,7	30,5	88,2	96,8
0,15	157	47,8	138	151
0,18	226	68,6	199	218
0,20	280	84,8	245	269
0,22	338	103	297	225
0,25	437	133	383	420
0,28	548	167	480	527
0,30	629	191	551	605
0,32	716	217	627	688
0,35	856	260	750	824
0,38	1009	306	885	971

الوزن بالكيلوجرام لكل 1000 m من الطول

القطر بوحدة mm ∅	النحاس * DIN 1766 ϱ = 8,9	الألومنيوم DIN 46425 ϱ = 2,7	الفولاذ DIN 177 ϱ = 7,8	النحاس الأصفر DIN 1757 ϱ = 8,56
0,40	1,12	0,340	0,98	1,08
0,45	1,42	0,429	1,24	1,36
0,50	1,75	0,530	1,53	1,68
0,55	2,11	0,642	1,85	2,03
0,60	2,52	0,764	2,21	2,42
0,65	2,95	0,896	2,59	2,84
0,70	3,43	1,04	3,00	3,29
0,75	3,93	1,19	3,45	3,78
0,80	4,47	1,36	3,92	4,30
0,85	5,05	1,53	4,43	4,86
0,90	5,66	1,72	4,96	5,45
0,95	6,31	1,91	5,53	6,07
1,00	6,99	2,12	6,13	6,72
1,20	10,06	3,05	8,82	9,68
1,50	15,73	4,78	13,8	15,1
1,80	22,65	6,86	19,9	21,8
2,00	27,96	8,48	24,5	26,9
2,50	43,69	13,25	38,3	42,0
3,00	62,91	19,09	55,1	60,5
3,50	85,63	25,98		81,8

تناظر أوزان أسلاك الكونستانتان والنيكوليت مثيلاتها من أسلاك النحاس تقريبا
تناظر أوزان أسلاك المنجنين والفضة الألمانية مثيلاتها من أسلاك النحاس الأصفر تقريبا .

*) سلك نحاس مستدير ومسحوب بدقة طبقا للمواصفات القياسية DIN 46 431 لمكنات ذوات الأوزان المتساوية ولكن بانحرافات صغيرة في الأقطار . وبالإضافة إلى ذلك الأسلاك طبقا للمواصفات القياسية DIN 40 500 للإستخدامات الكهربائية . أسلاك مسطحة للآلات الكهربائية والأجهزة والمحولات طبقا للمواصفات القياسية DIN 46 433

أوزان أسلاك النحاس

(بالكيلوجرام لكل 1000 m) طبقا للمواصفات DIN 46 431

القطر mm	3,8	4	4,2	4,5	4,8	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	10
الوزن kg	101	112	123	142	161	175	211	252	295	343	393	447	505	566	669

قضبان الألومنيوم المسطح

طبقا للمواصفات DIN 1769

العرض (b) بوحدة mm	السُمك s بوحدة (mm): 2	3	4	5	8	10	15	20
	الوزن بوحدة (kg/m)							
5	0,027	0,041	0,054	–	–	–	–	–
6	0,033	0,049	0,065	–	–	–	–	–
8	0,044	0,065	0,086	0,11	–	–	–	–
10	0,054	0,081	0,11	0,14	0,22	–	–	–
12	0,065	0,097	0,13	0,16	0,26	–	–	–
15	0,081	0,122	(0,16)	0,20	0,32	0,41	–	–
18	0,098	–	–	0,24	0,39	0,49	–	–
20	0,11	(0,16)	(0,22)	0,27	0,43	0,54	0,81	–
25	–	0,20	–	0,34	0,54	0,68	1,01	–
30	–	0,24	(0,33)	0,41	0,65	0,81	1,22	–
40	–	–	–	(0,55)	(0,88)	–	1,62	2,16
50	–	(0,41)	–	0,68	1,08	1,35	2,02	2,70

أشكال التوريد : قضبان بأطوال من 2 m إلى 4 m . الكثافة 2,7 kg/dm³

قضبان النحاس المسطح

طبقا للمواصفات القياسية DIN 1768

20	15	12	10	8	7	6	5	4	3	2	العرض b بوحدة (mm)
الوزن بوحدة (kg/m)											السُمك s بوحدة (mm)
								0,18	0,13	0,09	5
								0,21	0,16	0,11	6
							0,36	0,28	0,21	0,14	8
				0,71	(0,62)	(0,53)	0,45	0,36	0,27	0,18	10
			(1,07)	0,85	–	(0,64)	0,53	0,43	0,32	0,21	12
					(0,87)	–	–	–	–	–	14
			1,34	1,07	–	(0,80)	0,67	(0,53)	0,40	0,27	15
				(1,14)	–	–	–	(0,57)	–	–	(16)
		(1,92)	1,60	1,28	–	(0,96)	0,80	(0,64)	–	0,32	18
	2,67	(2,13)	1,78	1,42	(1,25)	(1,07)	0,89	(0,71)	(0,53)	0,36	20
	3,34	(2,67)	2,23	1,78	(1,57)	(1,34)	1,11	(0,89)	0,67	(0,45)	25
	4,01	(3,21)	2,67	2,14	(1,87)	(1,60)	1,34	(1,07)	0,80	(0,53)	30
6,23	4,67	–	3,12	2,49	–	–	1,56	(1,25)	–	–	35
7,12	5,34	(4,27)	3,56	2,85	(2,50)	(2,14)	1,78	(1,42)	(1,07)	(0,71)	40
–	–	–	(4,00)	–	–	–	–	(2,00)	–	–	(45)
8,90	6,68	(5,34)	4,45	3,56	(3,16)	(2,67)	2,23	(1,78)	(1,34)	–	50
10,68	8,01	(6,41)	5,34	4,27	(3,74)	(3,21)	2,67	(2,14)	–	–	60
–	–	–	(6,23)	(5,00)	(4,36)	–	(3,12)	–	(1,87)	–	(70)
14,24	10,68	–	7,12	5,70	–	–	–	–	–	–	80
17,80	13,35	–	8,90	–	–	–	–	–	–	–	100
21,36	16,02	–	10,68	–	–	–	–	–	–	–	120

أشكال التوريد : قضبان بطول من 2 m إلى 4 m . الكثافة 8,9 kg/dm³ . القيم الموجودة داخل الأقواس غير قياسية .

موصلات التسخين والأسلاك المستديرة

طبقا للمواصفات القياسية DIN 59 470

NiCr 60 15		NiCr 30 20		NiCr 25 20		CrAl 30 5		CrAl 20 5		CrAl 8 5		مساحة السطح لكل 1 m بوحدة cm²	المساحة A	القطر
الوزن (G) بوحدة kg/1000 m والمقاومة الكهربائية (R) بالأوم لكل متر عند 20°C														
kg/km	Ω/m	kg/km	Ω/m	kg/km	Ω/m	kg/km	Ω/m	kg/km	Ω/m	kg/km	Ω/m	cm²	mm²	mm
0,064	141	0,062	132	0,061	121	0,056	184	الوزن مساو للسبيكة CrAl 85	175	0,057	159	3,14	0,0078	0,1
0,093	98,2	0,089	92	0,088	84	0,080	127		121	0,081	111	3,77	0,0113	0,12
0,145	62,8	0,140	58,8	0,138	53,8	0,126	81,4		77,5	0,127	70,7	4,71	0,0177	0,15
0,258	35,3	0,248	33,1	0,245	30,3	0,223	45,9		43,6	0,226	39,8	6,28	0,0314	0,20
0,402	22,6	0,388	21,2	0,383	19,3	0,348	29,3		27,9	0,354	25,5	7,85	0,0491	0,25
0,579	15,7	0,559	14,7	0,551	13,4	0,502	20,4		19,4	0,509	17,7	9,42	0,0707	0,30
0,789	11,5	0,760	10,8	0,750	9,87	0,683	15,0		14,2	0,693	13,0	11,0	0,0962	0,35
1,03	8,83	0,995	8,27	0,983	7,56	0,895	11,4		10,9	0,907	9,92	12,6	0,126	0,40
1,30	6,98	1,26	6,54	1,24	5,97	1,13	9,06		8,62	1,14	7,86	14,1	0,159	0,45
1,61	5,65	1,55	5,30	1,53	4,84	1,39	7,35		6,98	1,41	6,37	15,7	0,196	0,50
2,32	3,93	2,24	3,68	2,21	3,36	2,01	5,09		4,85	2,04	4,42	18,8	0,283	0,60
3,15	2,88	3,04	2,70	3,00	2,47	2,73	3,74		3,56	2,77	3,25	22,0	0,385	0,70
4,12	2,21	3,97	2,07	3,92	1,89	3,57	2,86		2,93	3,62	2,49	25,1	0,503	0,80
5,21	1,75	5,02	1,64	4,96	1,49	4,52	2,26		2,15	4,58	1,97	28,3	0,636	0,90
6,44	1,41	6,20	1,32	6,12	1,21	5,57	1,83		1,75	5,65	1,59	31,4	0,785	1,0
9,27	0,982	8,93	0,920	8,82	0,840	8,02	1,27		1,21	8,14	1,11	37,7	1,13	1,2
14,5	0,628	14,0	0,588	13,8	0,538	12,6	0,814		0,775	12,7	0,707	47,1	1,77	1,5
25,8	0,353	24,8	0,331	24,5	0,303	22,3	0,459		0,436	22,6	0,398	62,8	3,14	2,0
40,2	0,226	38,8	0,212	38,3	0,193	34,9	0,293		0,279	35,4	0,255	78,5	4,91	2,5
57,9	0,157	55,9	0,147	55,1	0,134	50,2	0,204		0,194	50,9	0,177	94,2	7,07	3,0
78,9	0,115	76,0	0,108	75,0	0,099	68,3	0,150		0,142	69,3	0,130	110	9,62	3,5
103	0,088	99,5	0,083	98,3	0,075	89,5	0,114		0,109	90,7	0,099	126	12,6	4,0
130	0,070	126	0,065	124	0,060	113	0,091		0,086	114	0,079	141	15,9	4,5
161	0,057	155	0,053	153	0,048	139	0,073		0,070	141	0,064	157	19,6	5

لشرائط موصلات التسخين بعرض من 0,3 إلى 3 بسُمك من 0,03 إلى 0,5 . أنظر أيضا المواصفات القياسية DIN 59 470 .
الوزن والمقاومة للسبيكة NiCr 80 20 يماثلان تقريبا الوزن والمقاومة للسبيكة NiCr 60 15 .



الأسلاك المستديرة للمقاومات الـكهربائية

منتخب من المواصفات القياسية DIN 46 460...62

WM 120	WM 110	WM 100	WM 50	WM 43		WM 30		WM 13	
سبيكة من Cr و Ni مع الحديد Fe أو بدونه ومع معادن أخرى (مثل النيكل كروم)		سبيكة من Fe و Ni ، أو Cr و Ni ، أو Cr و Ni و Fe	سبيكة من Cu و Ni ، أو Cr و Ni بدون Fe أو Zn (مثل : الـكونستنتان)	سبيكة من Mn و Cu و Ni (مثل : المنجنين)		سبيكة من Cu و Ni يسمح بإضافة Zn (مثل : الفضة الألمانية)		Fe مقصدر أو مجلفن أو سبيكة من Cu و Mn	
المقاومة (Ω/m) عند 20°C					ø mm	Ω/m عند 20°C	ø mm	Ω/m عند 20°C	ø mm
611	560	509	255	219	0,05	0,149	1,6	0,662	0,5
152	140	127	63,7	54,7	0,1	0,118	1,8	0,460	0,6
59,6	54,7	49,7	24,9	21,4	0,16	0,0954	2,0	0,259	0,8
38,2	35,0	31,8	15,9	13,7	0,2	0,0789	2,2	0,165	1
16,9	15,5	14,1	7,07	6,08	0,3	0,0612	2,5	0,115	1,2
6,11	5,60	5,09	2,55	2,19	0,5	0,0486	2,8	0,0844	1,4
1,52	1,40	1,27	0,637	0,548	1,0	0,0426	3,0	0,0646	1,6
0,382	0,350	0,318	0,159	0,137	2,0	–	3,3	0,0414	2
0,169	0,155	0,141	0,0707	(0,0608)	3,0	0,0312	3,5	0,0265	2,5
0,0955	0,0876	0,0796	0,0398	0,0342	4,0	0,0239	4,0	0,0184	3
0,0425	0,0389	0,0354	0,0177	(0,0152)	6,0	–	–	0,0105	4
0,0152	0,0140	0,0127	0,00637	(0,00548)	10				

موصلات التسخين والأشرطة

طبقا للمواصفات القياسية DIN 59 470

الوزن G بالـكيلوجرام لكل 1000 m من الطول والمقاومة (R) بالأوم لكل متر من الطول عند درجة 20°C .								المساحة السطحية الأسمية (cm²)	A mm²	المقاسات بوحدة (mm)
Ni Cr 80 20		Cr Ni 25 20		Cr Al 30 5		Cr Al 8 5				
kg/km	Ω/m	kg/km	Ω/m	kg/km	Ω/m	kg/km	Ω/m			
0,075	121	0,070	106	0,064	160	0,065	139	6,6	0,009	0,3x0,03
0,208	43,6	0,195	38,0	0,178	57,6	0,180	50,0	11,0	0,025	0,5x0,05
0,415	21,8	0,390	19,0	0,355	28,8	0,360	25,0	12,0	0,050	0,5x0,10
0,498	18,2	0,468	15,8	0,426	24,0	0,432	20,8	14,0	0,060	0,6x0,10
0,664	13,6	0,624	11,9	0,568	18,0	0,576	15,6	18,0	0,080	0,8x0,10
1,33	6,81	1,25	5,94	1,14	9,00	1,15	7,81	20,0	0,160	0,8x0,20
0,830	10,9	0,780	9,50	0,710	14,4	0,720	12,5	22,0	0,100	1,0x0,10
1,66	5,45	1,56	4,75	1,42	7,20	1,44	6,25	24,0	0,200	1,0x0,20
0,996	9,08	0,936	7,92	0,852	12,0	0,864	10,4	26,0	0,120	1,2x0,10
1,99	4,54	1,87	3,96	1,70	6,00	1,73	5,21	28,0	0,240	1,2x0,20
1,25	7,27	1,17	6,33	1,07	9,60	1,08	8,33	32,0	0,150	1,5x0,10
2,49	3,63	2,34	3,17	2,13	4,80	2,16	4,17	34,0	0,300	1,5x0,20
1,49	6,05	1,40	5,28	1,28	8,00	1,30	6,94	38,0	0,180	1,8x0,10
2,99	3,03	2,81	2,64	2,56	4,00	2,59	3,47	40,0	0,360	1,8x0,20
3,33	2,72	3,12	2,37	2,84	3,60	2,88	3,12	44,0	0,400	2,0x0,20
4,98	1,82	4,68	1,58	4,26	2,40	4,32	2,08	46,0	0,600	2,0x0,30
6,23	1,45	5,85	1,27	5,33	1,92	5,40	1,67	56,0	0,750	2,5x0,30
3,74	2,42	3,51	2,11	3,20	3,20	3,24	2,78	63,0	0,450	3,0x0,15
12,5	0,727	11,7	0,633	10,7	0,960	10,8	0,833	70,0	1,500	3,0x0,50

أسلاك وضفائر المعادلة للمزدوجات الحرارية

طبقا للمواصفات القياسية DIN 43 713

الاستخدام (ملاحظات)	α [1] 1/K	المقاومة بوحدة (Ω/m) عند درجة 20°C قطر 1,38	قطر 1	قطر 0,2	رمز المادة
–	0,00595	0,075	0,143	3,57	Fe
يناظر Cu Ni 45	0,00002	0,330	0,640	16,00	كونستانتان[2]
لأجل Ni Cr – Ni موجب	0,00595	0,075	0,143	3,57	So Ni Cr
لأجل Ni Cr – Ni سالب	0,00025	0,167	0,318	7,95	So Ni
لأجل Pt Rh – Pt موجب	0,00325	0,011	0,022	0,55	So Pt Rh
لأجل Pt Rh – Pt سالب	0,00260	0,017	0,032	0,80	So Pt

أشكال التوريد : قطر 0,2 يورد على بكرات التوريد قطر 1 وقطر 1,38 يوردان على شكل حلقات ذات قطر داخلي من 250 mm إلى 300 mm حتى وزن 25 kg .
النوع : لين أو مؤكسد أو مطلي أو مجلفن . تتكون الضفائر من أسلاك مجدولة ذات قطر 0,2

١) في المجال من 0°C إلى 200°C

٢) المادة التي تحمل نفس إسم الـكونستانتان طبقا للمواصفات القياسية DIN 46 461 (WM 50) لا تصلح للاستعمال كأسلاك معادلة .



مواد التشكيل في القوالب (مواد القولبة أو مواد المقولبات) DIN 7708

التصنيف والتوحيد القياسي : التصنيف موجود منذ عام ١٩٢٨ (بالمانيا) . وتحمل المنتجات التي تجرى مراقبتها العلامات القياسية MPBD (مصلحة اختبار المواد ببرلين – دالم) .
الرموز النوعية (مثل 11 أو 31,5) مشتقة من نظام ترقيم المنتجات الألماني (مثال ذلك X 0011 أو X 0031,5) . ويراعى في التصنيف نوع الراتنج ومادة الحشو ، والخواص .
وبذا تكون للأنواع التي تحتوي على الرقم 5 خلف العلامة العشرية خواص كهربائية خاصة (أنظر 31,5) .

للكبس على الساخن : الأنواع من 11 إلى 502 باستثناء الأنواع 212, 214, 916, 917, 918

للكبس على البارد : الأنواع 212 و 214

الخامات : راتنج فينولي وراتنج بوليني وراتنج طبيعي وقار وراتنج اصطناعي .

مواد الحشو : عضوية : نشارة الخشب والسليولوز والقطن .
غير عضوية : أسبستوس ومغزولات من أنواع مختلفة ومسحوق حجري وميكا .

I) مواد تشكيل بالكبس في قوالب قابلة للتصليد (دوروبلاستيك)

النوع	الحشو (للراتنج الصناعي)
١) لدائن فينولية بمواد حشو غير عضوية	
11 11,5	مسحوق حجري
12 15 16	أسبستوس
13 13,5 13,9	ميكا
٢) لدائن فينولية بمواد حشو عضوية	
30 30,5 31 31,5 31,9 32	الخشب (نشارة الخشب)
52*) 51,5 51,9	سليولوز (ألياف ورقية)
54 57	وشرائح السليولوز
71; 71,8; 71,9; 74; 74,5 74,9; 75; 77; 83; 84	ألياف وشرائح نسيجية والنوع 83 به خشب إلى جانب ذلك

النوع	مادة الحشو
٣) لدائن أمينية بأساس بوليني ، بمواد حشو عضوية	
130 130,5	خشب
131 131,5	سليولوز
٤) لدائن أمينية بأساس ميلاميني ، بمواد حشو عضوية	
150 152	نشارة خشب وسليولوز
153 159,5 154	ألياف نسيجية
٥) لدائن أمينية بأساس ميلاميني ، بمواد حشو غير عضوية	
155 ... 157	مسحوق حجري ، أسبستوس ، والنوع 157 به خشب بالإضافة إلى ذلك
II) مواد تشكيل بالكبس في قوالب تلين بالحرارة (ثرموبلاستيك)	
411 412 413	مواد صب بالحقن CAB طبقا للمواصفات القاسية DIN 7743
431 ... 435	مواد صب بالحقن CA طبقا للمواصفات القياسية DIN 7742
501 502	مواد صب بالحقن من البوليستيرول طبقا للمواصفات القياسية DIN 7741

لدائن التصليد بالحرارة (الدوروبلاستيك) ⟵ مواد التشكيل بالكبس في قوالب على البارد ⟶ اللدائن الحرارية (الثرموبلاستيك)

النوع	المادة	النوع	المادة
212 214	راتنج صناعي / حجر (الأسبستوس)	916 917 918	راتنج طبيعي أو قار / أسبستوس

لا تصلح مواد التشكيل بالكبس في قوالب بصفة عامة للأجزاء المعرضة لإجهادات عالية كما أنها لا تتحمل القوس الكهربائي
ولا تصلح مواد التشكيل بالكبس في قوالب ذات مواد حشو **عضوية** كحوامل للأجزاء المتصلة بالجهد الكهربائي ، عندما تكون معرضة لرطوبة الهواء بصفة دائمة .
وتصلح مواد التشكيل بالكبس في قوالب ذات مواد حشو **غير عضوية** لمواجهة تأثير الرطوبة .

*) مادة الحشو : سليولوز مشرب بالراتنج



مواد التشكيل بالـكبس في القوالب من راتنج فينولي طبقا للمواصفات القياسية DIN 7708

الخواص المميزة :
ذات خواص ميكانيكية وكهربائية جيدة مع تحمل كاف للرطوبة حتى في درجات الحرارة العالية ، ومعدل ضئيل جدا لامتصاص الرطوبة . ذات مناعة ضد جميع المذيبات العضوية ، حتى في درجات الحرارة العالية ، وكذلك للأحماض والقلويات المخففة .

مجالات الاستخدام :
الأنواع 11 و 11,5 و 12 : تستخدم للأجزاء المعرضة للرطوبة حتى في باطن الأرض (جلب الـكبلات) ، والأجزاء الخاصة بالمتطلبات الـكهربائية المتوسطة المعرضة لإجهادات حرارية (مثل المقابس)
تصلح الأنواع 13 و 13,5 للجهود الـكهربائية العالية .
الأنواع 15 و 16 : تصلح للإجهادات الميكانيكية العالية .
الأنواع 30 و 30,5 : تصلح للجهود الـكهربائية العالية .
الأنواع 31 و 31,5 : وهي أهم الأنواع وتصلح للإنتاج الـكمي لجميع الأنواع (الخوذات والأغطية وعلب المبيت والأزرار ، والأجزاء المشكلة في قوالب)
الأنواع 31,9 و 32 : خالية من النشادر وتستعمل لتغليف المعادن .
الأنواع 51 و 51,9 و 54 و 71 و 83 : تستخدم عندما تتطلب ظروف الاستعمال صلابة عالية
الأنواع 74 و 74,5 و 77 : تصلح للأجزاء عالية الصلابة وللمحامل

الخواص الفيزيائية الأنواع القياسية — أمثلة :	31,5	51,5	74,5
الـكثافة (kg/dm³)	1,4		
المقاومة النوعية (Ω cm)	10^{11}		
المقاومة السطحية (Ω)	10^{10}		
المتانة الـكهربائية للعازل (kV/mm)	15 … 20		8 … 15
معامل الفقد بالعازل الـكهربائي tan δ (800 Hz)	0,1		
ثابت العازل الـكهربائي ε (800 Hz)	6 … 9		6 … 10
المناعة ضد تسرب التيار الـكهربائي	T 1		
مقاومة الحني (kN/cm²)	7	6	
مقاومة الصدم (Ncm/cm²)	60	50	120
مقاومة الصدم للقضيب المحزز (Ncm/cm²)	15	35	12
الصلادة بالنقر بالـكرة (برينل) (kN/cm²)	13		
مقاومة التوهج	3		2
ثبات الشكل وفقا لمـارتنز (°C)	125		
السعة الحرارية النوعية (J/gK)	1,30	1,34	1,26
الموصلية الحرارية (kJ/m·h·K)	1,13	1,30	1,21
معامل التمدد الحراري (1/K)	40×10^{-4}	$15 \ldots 30 \times 10^{-4}$	

مواد التشكيل بالـكبس في قوالب من لدائن أمينية (منتخب) طبقا للمواصفات القياسية DIN 7708

الخواص المميزة :
عديمة اللون منفذة للضوء ويمكن تلوينها بحيث لا تتأثر بالضوء أو الحرارة (ألوان فاتحة ومضيئة) ، ذات مناعة ضد الرطوبة وتتحمل المـاء الساخن جزئيا (ميلامين) ، ومعظمها عديم الطعم والرائحة كما أنها لا تتأثر بجميع المواد والمركبات الـكيميائية تقريبا باستثناء القلويات والأحماض المركزة . وتنكمش بشدة عند تعرضها للبرودة :

مجالات الاستخدام :
لأجزاء العزل الـكهربائي بألوان فاتحة وأشكال غير معقدة .
للأجزاء المـانعة لتسرب التيار الـكهربائي في الغرف المعرضة لخطر الحريق ولأدوات الطعام والشراب غير القابلة للـكسر ، والأجهزة المنزلية والسلع الاستهلاكية في البضائع الحساسة للرائحة .

أنواع مواد عمل القوالب				
نوع الراتنج	بأساس بوليني		بأساس ميلاميني	
الأنواع القياسية — أمثلة :	130,5	131,5	153,5	156
الـكثافة (kg/dm³)	1,5	1,5	1,5	1,75
المقاومة النوعية (Ω·cm)	10^{11}	10^{11}	10^{11}	–
المقاومة السطحية (Ω) بعد الغمر في المـاء لمدة 24 h	10^{10}	10^{10}	10^{9}	10^{8}
المتانة الـكهربائية للعازل (kV/mm)		8 … 15		–
المناعة ضد تسرب التيار الـكهربائي	–	–	T 4	T 5
معامل الفقد بالعازل الـكهربائي (tan δ)	0,1	0,1	0,1	–
ثابت العازل الـكهربائي (ε)	6 … 7		6 … 10	
مقاومة الحني (kN/cm²)	7	8	6	5
مقاومة الصدم (Ncm/cm²)	60	65	50	35
ثبات الشكل وفقا لمـارتنز حتى درجة حرارة (°C)	100	100	125	140
مقاومة التوهج	3	3	3	4

مواد التشكيل بالـكبس في قوالب من البوليستيرول (منتخب) التسميات التجارية : الـكريبول والسوبرابلاست ، وهي غير قياسية

الخواص المميزة :
ذات خواص ميكانيكية وكهربائية جيدة ومقاومة مميزة لتسرب التيار الـكهربائي وتحمّل جيد للحرارة وانكماش ضئيل عند انخفاض درجة الحرارة مع قابلية جيدة للتشغيل بالقطع . لا تتأثر بالأحماض والقلويات والبنزين كما أنها لا تتأثر بالبترول والنفط الخام إلا بدرجة محدودة .

مجالات الاستخدام : لصناديق المفاتيح الـكهربائية وللخوذات والأغطية والمقابس (بريزة) والقوابس (فيشة) وأغلفة تجهيزات إقران توصيلات المصـابيح البعيدة والتغليف للشحن .
نسبة الانكماش في الشكل 0,2% ونسبة الانكماش اللاحق : 0,1% ومعدل امتصاص المـاء (باختبار الغلي) : 0,4% .

الخواص الفيزيائية : — أمثلة :	كريبول
الـكثافة (kg/dm³)	1,7
المقاومة النوعية (Ω·cm)	10^{12}
المقاومة السطحية (Ω)	10^{12}
المتانة الـكهربائية للعازل (kV/mm)	10 … 15
مقاومة تسرب التيار الـكهربائي	T 5
معامل الفقد بالعازل tan δ (800 Hz)	0,03
ثابت العازل الـكهربائي (ε)	3
مقاومة الحني (kN/cm²)	10
مقاومة الصدم (Ncm/cm²)	400
الصلادة بالنقر بالـكرة (kN/cm²)	20
مقاومة التوهج	2
ثبات الشكل وفقا لمـارتنز حتى درجة حرارة (°C)	135

كلوريد البوليفينيل PVC ، مادة للعزل الكهربائي طبقا لتعليمات VDE 0209

هي مادة لدائنية متعددة الاستخدام . ويمكن الحصول على كلوريد البوليفينيل الصلد بإضافة مواد حشو غير عضوية كما يمكن الحصول على كتل قوالب لينة بإضافة مُلَيِّنات . وتقلل مواد الحشو من جودة الخواص الميكانيكية والكهربائية ، إلا أنها ترفع من الجساءة وتحسن الخواص الكيميائية . وتتوقف مرونة كلوريد البوليفينيل اللين على نسبة كلوريد البوليفينيل إلى الملين ، وكذلك على طريقة التشغيل (الإنجاز) . وهنا تصبح الفلكنة غير ضرورية ولا تكون هناك حاجة إلى قصدرة لاحقة للموصلات وتتحمل عازلات الموصلات المصنوعة من PVC إجهادات حرارية دائمة حتى درجة 80°C . كما تتحمل الأجزاء المصنوعة من كلوريد البوليفينيل PVC إجهادات قصيرة الأمد حتى درجة 200°C ويفقد PVC ليونته تحت درجة 5°C− .

الخواص المميزة :
مرن كالمطاط ، لا يتأثر بالرطوبة ، مقاوم للبلي مقاوم للتعتيق والتقلبات الجوية والنيران . لا يتأثر بالأحماض والمحاليل القلوية والزيت والبنزين والأوزون ويذوب في البنزول وكلوريد الهيدروجين .

اللون الطبيعي : شفاف عديم اللون إلى شفاف أصفر مائل للإحمرار . ويمكن تلوينه حسب الطلب .

مجالات الاستخدام :
لعزل الموصلات وتغليف خطوط التوصيل .
فرع الكبل : YI والغلاف الداخلي : YII والغلاف الخارجي : YIII ، ولكبلات حتى 30 kV .
للترددات المنخفضة فقط .

الخواص الفيزيائية		عزل الأسلاك: القيم الإسمية	عزل الأسلاك: القيم الفعلية
الكثافة (kg/dm³)		–	1,2...1,44
المقاومة النوعية (Ω·cm) عند درجة حرارة :	20°C	$2 \cdot 10^{10}$	$10^{12}...10^{15}$
	60°C		$10^{10}...10^{15}$
بعد الغمر في الماء لمدة 24 h عند درجة حرارة :	20°C	–	$10^{12}...10^{15}$
قيمة العزل لكل كيلومتر (MΩ) عند درجة حرارة :	20°C	20	حتى 400
	60°C	–	0,01...0,6
المتانة الكهربائية للعازل (kV/mm)		2...10	2...10
ثابت العازل الكهربائي (50 Hz) ε		–	3,5
مقاومة الشد للغلاف (N/mm²)		10	10...20
إنفعال الكسر (%)		120	180...125
تحمل الضغط حتى درجة (°C)		–	70
معامل الليونة		45...8	45...8

منتجات كلوريد البوليفينيل (PVC) :
راتنجات للتشكيل الصلد (الأنابيب مثلا) وللتشكيل اللين (الخراطيم مثلا) .

كتل التشكيل الصلدة : كتل الصب بالحرارة وعمل القوالب بالصدم (بالطرق) والحقن والصب بالحقن وللأجزاء المقاومة للأحماض والقلويات (كأوعية المراكم) وذلك بدلا من المطاط الصلد (الميبولام الصلد والفيستوليت والفينول) .

كتل التشكيل اللينة : كتل الصب بالحقن والبثق وعمل القوالب بالصدم (بالطرق) للأجزاء المشكلة بالكبس في قوالب (مثل المقابس وأطراف الكبلات واللعب والأدوات الهندسية والصناعية) والمنتجات نصف المصنعة ومواد العزل الكهربائي (الأسلاك والأغلفة وخراطيم العزل الخالية من الأنسجة) (الميبولام والكوروبلاست والفيستوليت) .

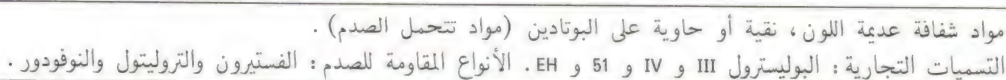
منتجات نصف مصنعة من كلوريد البوليفينيل (PVC) الصلد :
أ) الأنابيب (طبقا للمواصفات القياسية DIN 8062) وأنابيب الماء والغاز والتوصيلات الكهربائية والأنابيب المستخدمة في الصناعات الكيميائية (الأسترالون والأسترادور والبراندور ودراكا – كلوريد البوليفينيل والديسيليت والريندور وغيرها) .
ب) لوحات للأغراض الفنية (الديسيليت والريندور وغيرها) والأغراض العامة (الأسترادور والرينولون وغيرهما) .
ج) ألواح وأشرطة للأغراض العامة (الدينوبلاستك والماريلوكس والرينوفول وغيرها)
د) رقائق التغليف والرقائق الدقيقة للأغراض الفنية (النيكولون والجوثادور) وللمواد الغذائية (الجينولون وغيره)

منتجات نصف مصنعة من PVC لين : (الكوروبلاستك والديسيليت والإيكاليت والكاوتكس والميبولام والبلاستيكانت وغيرها) .
أ) الخراطيم للأحماض والغازات والماء والمشروبات وخراطيم العزل الكهربائي والخراطيم المستخدمة للأغراض الطبية .
ب) المقاطع الواجهية من جميع الأنواع للأغراض الفنية (ممسك درابزين السلم (كوبستة) وحواف الارتطام وموانع التسرب وغيرها) .
ج) الألواح والأشرطة وأغطية الأرضيات (بلاط الأرضية من اللدائن الاصطناعية والدوبلانا والفيبوليت والماريلفلور والبيجولان ، والأرسوليوم وغيرها) .
د) الحبال والدوبار (ذاتُ مواد ليفية) والألواح والمقاطع الواجهية المغطاة بطبقة من كلوريد البوليفينيل .

الكاوتشوك الطبيعي والاصطناعي

الكاوتشوك الطبيعي : مادة عازلة كهربائية عادية ذات إنفعال كبير ، إلا أنها لا تقاوم الأحماض والزيت والبنزين والبنزول وغير ثابتة الخواص مع التعتيق وتصلح للاستخدام في درجات الحرارة المنخفضة .
الكاوتشوك الاصطناعي : مثل الكاوتشوك الطبيعي إلا أنه ذو خواص كيميائية وحرارية محسنة ، تتوقف على النوع . (يقاوم تأثير الزيوت والبنزين) .
مجال الاستخدام : يستخدم في صناعة إطارات السيارات وسيور النقل والأجزاء المطاطية الاصطناعية وأدوات الاستعمال المطاطية وتصلح الأنواع الحاوية على نسبة كبيرة من الأستيرول لتصنيع العوازل الكهربائية كما أن البربونان مقاوم جدا للبلى (للبري) .

الخواص الفيزيائية : أمثلة :	مطاط طبيعي	بونا SS	بربونان
الكثافة (kg/dm³)	1,4	1,2	1,2
المقاومة النوعية (Ω·cm)	10^{16}	10^{15}	10^{9}
المتانة الكهربائية للعازل (kV/mm)	15...30		
معامل الفقد بالعازل الكهربائي (tan δ)	0,08...0,0	0,08...0,12	0,2...0,5
ثابت العازل الكهربائي (ε)	3,5...5		15...25
مقاومة الشد (N/mm²)	تبعا للصلادة : من 7,5 إلى 15		
إنفعال الكسر (%)	200...600		
إمتصاص الماء (%)	1	0,4	1
درجة حرارة الاستخدام القصوى (°C)	60	75	85



مواد الصب بالحقن من البوليستيرول (منتخب)

طبقا للمواصفات القياسية DIN 7741

مواد شفافة عديمة اللون، نقية أو حاوية على البوتادين (مواد تتحمل الصدم).
التسميات التجارية: البوليسترول III و IV و 51 و EH. الأنواع المقاومة للصدم: الفستيرون والتروليتول والنوفودور.

الخواص المميزة:

ذات خواص كهربائية ممتازة ومقاومة مطلقة للرطوبة، كما أنها ثابتة المقاسات، لاتتغير مع القدم (الزمن) وجيدة التلوين بألوان فاتحة مضيئة، إلا أن ثبات أشكالها ضئيل عند وجود الحرارة. وتنصهر في درجة حرارة منخفضة نسبيا، ولذا فإن استخدامها كمواد عازلة في هندسة الجهد العالي محدود للغاية. لا تتأثر بالكحوليات والأحماض ومحاليل القلويات ولا تقاوم البنزين والبنزول.
الإستيرولات الحاوية البوتادين ذات مقاومة ممتازة للصدم (إنفعال الكسر كبير) إلا أنها تتغير مع الزمن وتصبح قصفة بالحرارة والبرودة والضوء وهي عديمة الطعم والرائحة.

مجالات الاستخدام:

تستخدم في السلع المنتجة بالجملة ذات قابلية استطالة تختلف من صغيرة إلى كبيرة وبأشكال بسيطة إلى معقدة، وفي هندسة الاتصالات اللاسلكية (أجسام الملفات للتردد العالي) وكبلات التردد العالي وصناديق أجهزة الراديو والمكثفات الكهربائية (ستيروفلكس) وأدوات الإستخدامات العامة.

الخواص الفيزيائية: أمثلة:	بوليستيرول III و IV	القيم الصغرى للنوع 501
الأنواع القياسية 501 و 502		
الكثافة (kg/dm³)	1,05	1,05
المقاومة النوعية (Ω · cm)	$>10^{16}$	$>10^{14}$
المقاومة السطحية بعد الغمر في الماء لمدة 24 h (Ω)	$>10^{14}$	10^{14}
المتانة الكهربائية للعازل (kV/cm)	>1000	500
معامل الفقد بالعازل الكهربائي tan δ (10⁶ Hz)	$<2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$
ثابت العازل الكهربائي ε (10⁶ Hz)	2,5	2,5
مقاومة تسرب التيار الكهربائي	T 2...T 4	T 2
مقاومة الحني (kN/cm²)	10	9
مقاومة الشد (kN/cm²)	5	4,5
إنفعال الكسر (%)	1	–
مقاومة الصدم (Ncm/cm²)	200	170
مقاومة الضغط (kN/cm²)	10,5	10
الصلادة بالنقر بالكرة (برينل) (kN/cm²)	11	10
مقاومة تغير الشكل طبقا لمارتنز عند درجة (°C)	70	70
التمدد الطولي بالحرارة (1/K)	$80\cdot10^{-6}$	$80\cdot10^{-6}$
امتصاص الماء خلال الغمر فيه لمدة 7 أيام (%)	<0,1	0,6
الموصلية الحرارية (kJ/m·h·K)	–	0,5

يمكن الحصول على الستيروفلكس مصبوبا بسُمك من 0,03 mm فأكثر، وكرقائق بسمك من 0,01 mm فأكثر. وكألواح بسمك من 0,8 mm إلى 6 mm وكلفائف بسمك من 0,2 mm فأكثر.

مواد أخرى للصب بالحقن (منتخب)

الأسماء التجارية: البولي أميدات والبولي يوريتانات: ألترامید A و B و BM و S وديوريتان U و U 20 و U 50 وبوليكربونات: ماكرولين وماكروفول، زجاج أكريلي: بلكسجلاس وروها جلاس وريسارت جلاس وريزاريت وبليكسيجوم وبلكسيدور.

البولي أميد والبولي يوريتان

الخواص المميزة:

ذات متانة وانفعال كبيرين ومقاومة ممتازة للبلى (للتآكل الاحتكاكي) والحت. لاتتأثر بالمذيبات العضوية وهي قابلة للاحتراق.

مجالات الاستخدام:

تستخدم في المحامل والتروس (لايحتاج الأمر للتشحيم)، وكمادة أساسية لسيور نقل الحركة والأحزمة والأنابيب القابلة للحني والأجزاء الكهربائية ثابتة المقاسات ولتكسية الأجزاء المعدنية الكبيرة.

الخواص الفيزيائية: أمثلة:	بولي أميدات وبولي يوريتانات: ألترامید	بوليكربونات: ماكرولون	زجاج أكريلي: عادي
الكثافة (kg/dm³)	1,13	1,2	1,19
المقاومة النوعية (Ω.cm)	10^{15}	10^{17}	$>10^{15}$
المتانة الكهربائية للعازل (kV/mm)	>50	>100	13
مقاومة تسرب التيار الكهربائي	T 3/4	T 2/3	–
معامل الفقد بالعازل الكهربائي tan δ (1 MHz)	–	0,02	0,03
ثابت العازل الكهربائي ε (1 MHz)	–	3	2,7
مقاومة الحني (kN/cm²)	5	8,5	13,5
مقاومة الشد (kN/cm²)	5,7	6,5	7,5
إنفعال الكسر (%)	170	–	4
مقاومة الصدم للقضيب المحزز (Ncm/cm²)	200	200	20...40
الصلادة بالنقر بالكرة (برينل) (kN/cm²)	7,2	9,5	20
امتصاص الماء (%)	7,5	0,36	10 g/m² (١)
درجة الحرارة الحدية العليا	100	135	90
التمدد الطولي بالحرارة (1/K)	–	$6\cdot10^{-5}$	$8\cdot10^{-5}$ (٢)
مقاومة التوهج	1	–	1

البوليكربونات، الخواص المميزة:

ذات خواص ميكانيكية جيدة ومقاومة تغير الشكل في الحرارة والبرودة. قابلة للتشكيل والكبس (قابلة للتشكيل بالطرق) على الساخن والبارد، لاتتأثر بالتقلبات الجوية والزيوت والشحوم والأحماض المخففة، لكنها تتأثر بالقلويات.

مجالات الاستخدام:

تستخدم في صناعة الأجهزة وهندسة الإضاءة والرقائق والأجزاء ذات المقاسات الثابتة في مواجهة الشروط الميكانيكية ومتطلبات العزل الكهربائي العالية في درجات الحرارة العالية. ولأوعية الطعام والشراب وأدوات الزينة.

الزجاج الأكريلي، الخواص المميزة:

ذو خواص ميكانيكية جيدة وصلادة سطحية جيدة جدا. شفاف عديم اللون وقابل للتلوين لا يتأثر بالتقلبات الجوية والأحماض بتركيز يصل إلى 20%، والمحاليل القلوية والبنزين والبنزول وحرارته النوعية هي c=1,93 J/g·K ومعامل التوصيل الحراري له هو λ=0,67 kJ/m·h·K.

مجالات الاستخدام:

لجميع أنواع الزجاج المحني وللأغطية والتغليفات للمتطلبات الميكانيكية العالية ولزجاج الرؤية في صناعة الأجهزة والمصابيح ووحدات الإضاءة للأغراض الفنية والطبية.

١) بعد الغمر في الماء لمدة 7 أيام

٢) التسخين المستمر حتى درجة حرارة أقل من 70°C

البولي إثيلين والبولي بروبيلين

الأسماء التجارية : هوستالين ولوبولين ومارلكس وترولين وفستولين

الخواص المميزة :

بيضاء في لون اللبن، شبه شفافة تشبه البرافين مرنة وعديمة الطعم والرائحة. ذات خواص كهربائية جيدة. لا تتأثر بالأحماض والمحاليل القلوية وذات صلادة سطحية صغيرة، كما يمكن تشغيلها بسهولة.

البولي بروبيلين والبولي إثيلين متشابهان. إلا أن الأول أكثر صلادة وجساءة ودرجة حرارة استخدامه أعلى.

مجالات الاستخدام : تستخدم في صناعة مواد الصب بالحقن (أدوات الاستعمال اليومي، وأجزاء التردد العالي). وتستخدم الرقائق الشفافة للتغليف والألواح والأنابيب والمقاطع الواجهية.

كما تستخدم في عزل الكبلات وتغليفها.

الخواص الفيزيائية :	بولي إثيلين	بوليبروبيلين
الكثافة (kg/dm³)	0,01...0,94	0,91
المقاومة النوعية (Ω·cm)	10^{18}	10^{18}
المقاومة السطحية (Ω)	> 10^{13}	10^{13}
المتانة الكهربائية للعازل (kV/mm)	حتى 100 [1]	حتى 100 [1]
معامل الفقد بالعازل الكهربائي tan δ (1 MHz)	≈$3,5\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$
ثابت العازل الكهربائي ε (1 MHz)	2,3	2...2,3
مقاومة التسرب الكهربائي	T 5	T 5
مقاومة القوس الكهربائي	L 4	L 4
مقاومة الشد (N/cm²)	1000 [2]	3500
إنفعال الكسر (%)	300...700	650
الصلادة بالنقر بالكرة (برينل) (N/cm²)	1300 [3]	6300
درجة حرارة الاستعمال القصوى (°C)	85 [4]	100
مقاومة التوهج	1	1
امتصاص الماء في 7 أيام (%)	< 0,1	< 0,1

١) تتوقف المتانة الكهربائية للعازل على سُمك الجدار وتقع قيمتها بين أقل من 100 kV/mm حتى 40 kV/mm

٢) بولي إثيلين صلد ذو مقاومة شد تصل إلى 3 400 N/cm²

٣) البولي إثيلين الصلد ذو صلادة بالنقر بالكرة حتى 5 000 N/cm²

٤) البولي إثيلين الصلد يتحمل درجة حرارة استعمال قصوى تصل إلى 120°C

السليكونات

تنتج السليكونات من السليكون وكلور الميثيل (من الغاز الطبيعي والكلور)

منتجات السليكونات : مواد التشكيل في قوالب بالكبس والصب، ومواد التغليف والتكسية (الكاوتشوك السليكوني) المرنة كالمطاط والمواد المفلكنة على الساخن أو البارد والراتنجات والزيوت والمعاجين وطلاءات اللك ووسائط التشريب.

الخواص المميزة لجميع السليكونات : ثبات الخواص في مجال واسع لدرجات الحرارة (من −100°C إلى +200°C، وبعض السليكونات حتى 300°C)، حتى مع استمرار درجات الحرارة المرتفعة، كما أنها طاردة للماء وتتحمل التقلبات الجوية والتعتيق (الإزمان).

الكاوتشوك السليكوني : ذو خواص كهربائية جيدة جداً. لا يتأثر بالمحاليل المائية، لكن يتأثر بالأحماض والقلويات والبخار المحمص.

مجالات الاستخدام : يستخدم كأغلفة للموصلات وكمادة صب عازلة للملفات وعناصر التركيب.

كمادة حشو : شفاف ومرن كالمطاط.

المعاجين : طبقات عازلة للمجاري والأخاديد.

مواد التشكيل بالقوالب بالكبس والحقن : للتغليفات وأجزاء الكبس المرنة.

الراتنجات : ورنيش التشريب وللفراغات أيضا. مادة رابطة لرقائق الكبس من الميكا وألياف الأسبستوس والألياف الزجاجية ولب الورق ولشحوم التزليق المقاومة لدرجات الحرارة العالية للمحامل المعرضة للاحتكاك ولشحوم المحابس والصمامات. وكمادة تشريب للمنسوجات والجلود ومواد البناء والطلاء.

الخواص الفيزيائية : أمثلة :	كاوتشوك R 20	لك تشريب HE 5	زيت Ak 100
الكثافة (kg/dm³)	1,16	1,03	0,97
مقاومة العزل (Ω·cm)	$5\cdot10^{15}$	10^{17}	10^{14}
المتانة الكهربائية للعازل (kV/mm)	30	50...60	10...20
معامل الفقد بالعازل الكهربائي tan δ (60 Hz)	$5\cdot10^{-3}$	≈10^{-3}	10^{-3}
ثابت العازل الكهربائي ε (60 Hz)	2,5	2,7	2,7
مقاومة الشد (N/cm²)	750	–	–
إنفعال الكسر (%)	220	–	–
صلادة شور	30...90	–	–
مقاومة الحرارة حتى درجة (°C)	180°	250	–
الموصلية الحرارية (J/cm·s·K)	–	$1,05\cdot10^{-3}$	$1,55\cdot10^{-3}$
الحرارة النوعية (J/g·K)	–	–	1,43
نقطة الوميض عند درجة (°C)	–	12	+450
نقطة العقد عند درجة (°C)	–	–	−50
إمتصاص الماء بعد الغمر 4 أيام (%)	–	0,2	–

راتنجات الصب للهندسة الكهربائية

هي راتنجات صناعية مختلفة التركيب، بمواد حشو غير عضوية أو بدونها. وعند معالجتها تضاف مصلدات ومعجلات.

الخواص المميزة :

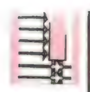
لا تتأثر بالماء والتقلبات الجوية ولا يمكن إعادة تليينها (الديوروبلاستيك)، عديمة اللون أو ملونة بألوان فاتحة وذات مقاومة جيدة لتسرب التيار الكهربائي وللقوس الكهربائي وتلتصق على الأسطح الناعمة (المعدنية) وتقاوم تأثير المحاليل القلوية والأحماض المخففة.

يتصلد الراتنج الأيبوكسيدي عند درجة 120°C في 14 h وعند 200°C في فترة تتراوح من 1 h إلى 2 h ويتصلد الراتنج البوليستري عند درجة 25°C في فترة تتراوح من 5 min إلى 6 min

مجالات الاستخدام :

راتنجات الصب والتشريب لأطراف وجلب الكبلات والحلقات الدليلية والعازلات والمواد المشكّلة في قوالب والنماذج والمكثفات.

الخواص الفيزيائية :	إيبوكسيد	بوليستر
الكثافة (kg/dm³)	1,22	1,25
المقاومة النوعية (Ω·cm)	10^{16}	10^{15}
ثابت العازل الكهربائي ε (50 Hz)	3,7	3,7
معامل الفقد بالعازل الكهربائي tan δ (50 Hz)	$7\cdot10^{-3}$	$7\cdot10^{-3}$
المتانة الكهربائية للعازل (kV/mm)	30	–
مقاومة الشد (kN/cm²)	≈7	5
مقاومة الحني (kN/cm²)	11	7
مقاومة الصدم (Ncm/cm²)	≈150	50
درجة حرارة الصب (°C)	≈135	25
ثبات الشكل طبقا لمارتنز حتى درجة (°C)	≈120	180
التمدد بالحرارة (µm/Km)	60	110
الإنكماش الحجمي عند التصليد (%)	0,5...2,3	7...8
امتصاص الماء بعد الغمر فيه لمدة 7 أيام (%)	≈0,13	≈0,45



المواد الرقائقية المشكّلة بالـكبس من الورق المصلد والنسيج المصلد

طبقا للمواصفات القياسية DIN 7735

الورق الصلد (laminated paper)

أشرطة ورق سليلوزي مرتبة طبقة فوق أخرى ومعالجة براتنج طبيعي وراتنج فينولي ومكبوسة معا بين ألواح مستوية مسخنة. وتبلغ نسبة الراتنج فيها نحو 50%.

التسميات التجارية: بيراكس، كارتا، هاريس، هوخفولط، برتيناكس، برستسل، ريبليت، روفاتسل، ترولیتاکس، فيروتسل.

النسيج الصلد (laminated)

مثل الورق الصلد، إلا أنه يحتوي على نسيج قطني أو نسيج الصوف السليولوزي بدلا من الورق، وتبلغ نسبة الراتنج فيه نحو 50%.

التسميات التجارية: بيراتكس، كانفاس، كارتا، دوركوتون، ديترون، هارتكس، ليناكس، نوفوتكس، ريزيتكيس، روفاتكس، بونيتكس، فيروتسل.

الخواص المميزة:

ذات مقاومة ميكانيكية عالية ويمكن تشكيلها بالقطع. لا تتأثر بجميع المذيبات العضوية والأحماض والقلويات الضعيفة. يمكن ثني الألواح (حتى سُمك 1) بعد التسخين (لا يبقى أثر الحني) ويمكن تخريمها حتى سُمك 3.

مجالات الاستخدام: تستخدم في صناعة أجزاء المكنات من مختلف الأشكال بالتشكيل بالقطع، وللتروس المخمدة للضجيج والاهتزازات والعجلات الدوارة والمحامل وبطانات المحامل والطبعات القياسية والأصابع (مسامير البنز) والمسامير الملولبة والمنتجات نصف المصنعة (الألواح والقضبان والأنابيب والمقاطع الواجهية).

يصلح النوع 2 061 (2 081) للإجهادات الميكانيكية العالية والمتطلبات الـكهربائية والحرارية المتوسطة والنوع 2 061,5 للمتطلبات الـكهربائية والحرارية العالية والنوع 2 061,6 لهندسة الاتصالات، كما يصلح كل من النوعين 2 062 ,2 083,5 لصناعة الأجزاء الملائمة للمناطق الحارة والمتعرضة للأحمال الـكهربائية العالية مع امتصاص ضئيل للماء.

أشكال التوريد: ألواح بمقاسات عادية (550×1050) مكبوسة ولامعة.

الألوان: لون طبيعي (بني) وأصفر.

الخواص الفيزيائية:

الخواص الفيزيائية	ورق مصلد	نسيج مصلد
أقل القيم طبقا للمواصفات القياسية — أمثلة:	2 061,5	2 083,5
الـكثافة (kg/dm³)	1,3...1,4	1,3...1,4
المقاومة النوعية (Ω·cm)	10^{10}	10^{9}
بعد 4 أيام في هواء رطب نسبيا	10^{9}	10^{8}
المقاومة السطحية (Ω)	10^{12}	10^{10}
بعد 4 أيام في هواء رطب نسبيا	10^{9}	10^{8}
الجهد الاختباري المحتمل لمدة 5 دقائق (kV) عند 20°C		
بموازاة الطبقات الرقائقية، مع وجود مسافة 25 mm بين الإلـكترودات.	40 (25) [1]	25 (8) [1]
عموديا على الطبقات الرقائقية لعينة سُمكها 3 mm	60 (40) [1]	20 (5) [1]
معامل الفقد بالعازل الـكهربائي tan δ (800 Hz)	0,1	0,3
ثابت العازل الـكهربائي (ε)	6-8	6
مقاومة التسرب الـكهربائي	T 1	T 1
مقاومة الحني (kN/cm²)	13 [2]	15 [2]
مقاومة الصدم (Ncm/cm²)	250	350
مقاومة الشد (kN/cm²)	10	10
مقاومة الانضغاط (kN/cm²)	10	20
ثبات الشكل طبقا لمارتنز حتى درجة (°C)	125	125
درجة جودة مقاومة التوهج	2-3	2-3
امتصاص الماء بعد الغمر فيه لمدة 4 أيام	8%	2,1%

الفبر المفلـكن الـكهربائي

طبقا للمواصفات القياسية DIN 7737

هي أشرطة ورقية مندمجة مع محلول كلوريد الزنك القلوي أو حامض الـكبريتيك وملحومة معا تحت الضغط (الـكبس) لتصبح كتلة صلبة (تصبح فواصل الطبقات غير مرئية). الأنواع القياسية VF 3121, 3120, 3122

الخواص المميزة:

أكثر اللدائن متانة في مقاومة الإجهادات الميكانيكية، ذات خواص كهربائية جيدة نسبيا وذات قابلية جيدة للتشغيل وذات مقاومة جيدة لتسرب التيار الـكهربائي، لا تتأثر بالبنزين أو البنزول، أو الـكحول أو الأحماض الضعيفة أو المحاليل القلوية الضعيفة.

مجالات الاستخدام:

رقائق تكسية لمناضد ولوحات التوصيل لأجهزة الهاتف والحواف الناتئة ومقابض المفاتيح الـكهربائية ودلافين أجهزة التحكم والتروس وأقراص التجليخ وأقراص منع التسرب (الإحكام) والأزرار والأجهزة والحقائب.

أشكال التوريد: ألواح بسُمك يتراوح من 0,1 mm إلى 50 mm أو لفائف بسُمك يتراوح من 0,1 mm إلى 0,6 mm أو قضبان مبرومة بأقطار تتراوح من 2 mm إلى 50 mm أو بشكل أنابيب أو قوالب.

الخواص الفيزيائية:

الخواص الفيزيائية	القيم القياسية
الـكثافة (kg/dm³)	1,2...1,5
المقاومة النوعية (Ω·cm)	10^{8}
المقاومة السطحية (Ω)	$> 10^{8}$
بعد الغمر في الماء لمدة 24 h	$10^{2...3}$
المتانة الـكهربائية للعازل (kV/mm)	
مقاومة الحني في الاتجاه الطولي (في الاتجاه المستعرض) (kN/cm²)	9 (8)
مقاومة الشد في الاتجاه الطولي (في الاتجاه المستعرض) (kN/cm²)	6,5 (4,5)
الإنفعال في الاتجاه الطولي (في الاتجاه المستعرض) (%)	6...7(8...9)
الصلادة بالنقر بالـكرة (برينل) (kN/cm²)	7...12
نسبة الرطوبة (%)	≈10

البرسبان الـكهربائي: كرتون رقيق مصنوع من رقائق من الألياف السليولوزية الممتازة المكبوسة فوق بعضها

طبقا للمواصفات القياسية DIN 7733

ألواح (T) لفائف (R) مجالات الاستخدام:	الأنواع Psp	الـكثافة kg/dm³	المقاومة الـكهربائية للعزل kV/mm لسُمك: 0,1...0,25	0,3...1,0	حتى 1,5	حتى 2,5	مدلفن حتى 0,5	مقاومة الشد daN/cm² طوليا	عرضيا	الإنفعال % غير مثن طوليا	عرضيا
في الآلات والمفاتيح الـكهربائية وأجسام الملفات (برسبان الآلات)	3010, 3011 3012 (T)	1,2...1,3	10	11	10	9	6,5	≈650	≈350	5,5	8
	3020, 3021 3022 (R)	1...1,2	8	10	–	–	6	650	350	2,5	6,5
في عزل المجاري (برسبان المجاري)	3030, 3032 (T)	≈1,3	11	13	12	11	8	≈850	400	7	
	3040, 3042 (R)	≈1,1	8	10	–	–	7	≈700	400	3	
في المحولات الـكهربائية (برسبان المحولات)	3050 (T)	≈1,25	10,5	12	11	10	–	≈750	≈500	6	8
	3051 (T)	≈1,0	–	–	9	8	–	500	300	8	10
	3052 (T)	≈1,23	–	–	12	11	–	1000	700	3	4
	3055 (R)	≈1,23	9,5	10,5	–	–	–	700	500	6	
في المكثفات الـكهربائية (برسبان المكثفات)	3060 (T)	≈1,3	10,5	12	11	11	6,5	≈820	420		8

١) القيم داخل الأقواس عند درجة 90°C ٢) لأنواع الورق المصلد والنسيج المصلد

ورق العزل الكهربائي
طبقا للمواصفات VDE 0311

	سليولوز مُكبّرت: لكبلات الجهد العالي والمحولات	لكبلات الجهد العالي	لكبلات الاتصالات السلكية واللاسلكية	للمكثفات الكهربائية	حبال المانيلا والسليولوز والخرق (الكهنة) للمكثفات الإلكتروليتية
الأنواع القياسية	P 5218, P 5318 P 5518	P 5238, P 5338 P 5538	P 5249 P 5349	P 5319, P 5419 P 5519, P 5619	P 5017, P 5117 P 5317, P 5117,1
الكثافة (kg/dm³)	0,66...1,05	0,66...1,05	0,66...1,05	0,76...1,15	0,55...0,85
مقاس الطول (أو العرض) بالمتر	8000 (3500)	8000 (3500)	7500 (3250) في المتوسط	8000	2000...4500 [1]
إنفعال الكسر الطولي (العرضي) (%)	2 (4)	2 (4)	2 (4)	–	–
نسبة الرماد (%)	0,6	1	1	0,4	0.4...0,9
موصلية المحلول المائي (µS/cm)	40	120	150	40	40
المتانة الكهربائية للعازل (V/µm)	–	–	–	55...70 [2]	–

١) 7000 متر في حالة السليولوز P 45317 بسُمك أكبر من 0,105 mm ٢) حتى سُمك 0,8 µm . فوق سُمك 16 µm : من 27 V/µm إلى 42 V/µm

أشرطة اللصق والعزل الكهربائي

	شريط عازل PVC	رقيقة PVC لين	رقيقة بولي إثيلين	رقيقة سليلولوز تريستر	رقيقة بوليكربونات	رقيقة بوليستر	نسيج حرير الخلات الإصطناعي
السُمك (mm)	0,15	0,20	0,20	0,065	0,075	0,05	0,23
مقاومة القطع لعرض 25 mm بالنيوتن (N)	80	75	55	80	70	150	150
إنفعال القطع (%)	150	200	500	25	80	40	18
الجهد الكهربائي المسبب لإنهيار العازل (kV)	7	8,5	10	5	6	6	2
معامل الفقد tan δ (800 Hz)	$60 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	$12 \cdot 10^{-3}$	$50 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-3}$	$15 \cdot 10^{-3}$
ثابت العازل الكهربائي ε (800 Hz)	4,7	4	2,4	3,3	2,5	3	3
المقاومة السطحية (Ω)	10^{12}	10^{12}	10^{14}	10^{14}	10^{13}	10^{13}	10^{12}
المقاومة النوعية (Ω·cm)	10^{11}	10^{14}	10^{14}	10^{14}	10^{14}	10^{14}	10^{13}
تآكل النحاس الإلكتروليتي	1	1	1	1	1	1	1
رتبة العازل	–	حتى 80°C	حتى 80°C	E	E	B	A
مجالات الاستخدام	التركيبات الكهربائية وأطراف توصيل الكبلات وضفائر الكبلات			عزل الملفات وقلوبها والعزل البيني، وللملفات المحولات والأربطة			

الخراطيم العازلة
ϱ = 1,3 g/cm³

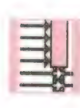
	A (ذات أنسجة) DIN 40620	B (بدون أنسجة) DIN 40621
الألوان المميزة الرمز المختصر	جودة عادية N وجودة خاصة S	المجموعة المفضلة
	أصفر[1]، أسود، أحمر، أخضر، بني	أصفر[1]، أزرق، أخضر، أحمر، أسود، رمادي، بنفسجي
	وبخلاف ذلك ألوان مزدوجة مثل بني/أصفر[2]	مجموعة الألوان الثانوية
	درجة الجودة الخاصة S (جيدة كهربائياً)	بني، برتقالي، وردي، أبيض، لون طبيعي
لسُمك جدار (mm)	0,25 / 0,5 / 0,7 / 1,0 / 1,5	0,25 / 0,4 / 0,5...0,7 / 0,8...1 / 1,2
متانة العازل الكهربائية (kV)	0,25 / 3 / 3,75 / 4,5 / 6	3 / 4 / 5 / 7 / 10
مقاومة العزل الصغرى لكل متر طولي	للنوع N : 50 MΩ وللنوع S : 200 MΩ	بعد حفظ لمدة 24 h في هواء رطب بنسبة 80% عند درجة 20°C : 1000 MΩ ، وعند درجة 90°C : 4 MΩ
أقصى درجة حرارة للتشغيل	95°C (حديثا حتى 120°C)	80°C
الإنفعال	≧10%	100%

١) اللون المعتاد ٢) يبلغ الجهد الممكن تحمله لجميع المقاسات لرتبة الجودة N مقدار 1,5 kV

الميكا الخام والميكانيت ومنتجات الميكا

الميكا الخام : صخر طبيعي مشقوق بسُمك يتراوح من 0,3 mm إلى 0,4 mm ويتداول تجاريا على شكل كتل .
الميكا المشقوق : تصنع بشق كتل الميكا إلى طبقات رقيقة
الميكانيت : رقائق الميكا المشقوق، مع مادة لاصقة .

التسمية	ميكانيت المبدلات	ميكانيت التسخين	ميكانيت الصوغ (التشكيل)	ميكانيت الحني	ورق ميكانيتي	نسيج ميكانيتي	رقائق ميكا في لفائف	نسيج ميكا في لفائف
التركيب الكثافة : 2 kg/dm³ باستثناء ميكا التسخين 2,5 kg/dm³	رقائق الميكا مع مادة لاصقة				ميكانيت الحني مع: طبقة غطاء ورقية سُمكها 0,03	طبقة غطاء نسيجية سُمكها 0,1	رقائق الميكا مع: ورق ملصق	نسيج ملصق
نسبة الميكا (%)	96	97	75		مثل ميكانيت الحني			
المتانة الكهربائية للعازل (kV/mm)	30...35	30...35	30	20...28	25...35	15...35	25 (4 kV سُمكه 0,15)	
مجالات الاستخدام	رقائق بينية للمبدلات	حمل وتغليف أسلاك التسخين	تغليف الموصلات بالصوغ	تكسية جوانب المجاري والتغليف	مثل ميكانيت الحني	مثل ميكانيت الحني عالي المتانة	عزل الأسلاك وقضبان أعضاء الإنتاج والملفات وحواملها	



مواد التصنيع الخزفية

طبقا للمواصفات القياسية DIN 40685

مجال الاستخدام	المجموعة الأنواع	نوع المادة	الخواص المميزة	الكثافة بوحدة kg/dm³
مواد العزل للجهد العالي والمنخفض ولتغطية الأجزاء الخشنة أيضا	Ker 100 *110 111 120	تحتوي على طفال غالبا	ذات خواص ميكانيكية وكهربائية جيدة، مانعة للتسرب ويمكن استخدامها مع التسخين .	2,4
للأجزاء العازلة للجهد المنخفض	Ker 200 210 220 221 240	تحتوي على سليكات المغنسيوم	صلدة من الناحية الميكانيكية وجيدة كهربائيا وذات قيمة صغيرة لمعامل الفقد الكهربائي tan δ (باستثناء النوع K 210) ويمكن تشغيل النوع Ker 240 بالعدة .	2,6...2,8 Ker 240 1,9...2,1
مواد المكثفات (ε > 3000) للنوع Ker 35 ، إلا أنها حساسة للحرارة) . لهندسة الترددات العالية	Ker 300 310 311 320 330 331 340 350 351	تحتوي على نسبة تيتانيوم عالية	ε متوسط الكبر إلى كبير جداً، tan δ صغير إلى صغير جداً .	Ker 310/11 ≈ 3,7 Ker 320 ≈ 3,1 Ker 330 ≈ 4,5 Ker 350/51 ≈ 5
للأجزاء ذات أصغر تمدد حراري	Ker 400 410	مادة طفالية وتحتوي على سليكات المغنسيوم المائية	ذات تمدد حراري ضئيل وثابتة جدا لتغيرات درجة الحرارة .	2,1...2,2
حوامل موصلات التسخين في أجهزة التسخين الكهربائية وأجزاء مصبوبة لحجب الشرر والقوس الكهربائي . للأفران الكهربائية في الصناعة .	Ker 500 510 511 512 520 530	مادة طفالية مسامية تحتوي جزئياً على سليكات المغنسيوم المائية .	ذات تحمل جيد لتغيرات درجة الحرارة . وبعضها ذات تمدد حراري صغير .	1,9...2,1
جميع أنواع أنابيب العزل وأنابيب الوقاية للمزدوجات الحرارية ولعازلات شموع الإشعال .	Ker 600 610	تحتوي على نسبة عالية من أكسيد الألومنيوم	ذات درجة تحمل عالية للنار وذات خواص ميكانيكية جيدة وموصلية حرارية عالية .	2,6...3,3
أنابيب العزل وأنابيب الوقاية للمزدوجات الحرارية وأجزاء العزل للصمامات المفرغة	Ker 700 710 720 730	أكاسيد نقية تقريبا (Al, Mg, Zr)	على أعلى درجة تحمل للنيران ، صلدة إلى صلدة جدا ، بعضها ذو موصلية حرارية كبيرة جدا . ذات مقاومة عالية للإحتراق .	Ker 710 ≈ 3,8 Ker 720 ≈ 2,5 Ker 730 ≈ 5,4

* Ker 110 = مادة مستعملة بكثرة، مكونة من 50% كاولين (مادة طفلية) و 25% كوارتز و 25% فلدسبار (التركيب الكيميائي التقليدي للصيني العازل والصيني الصلد) .

الخواص الكهربائية للمواد العازلة (مختارات - قيم متوسطة)

التسمية	المقاومة النوعية (Ω·cm)	المقاومة السطحية (Ω)	المتانة الكهربائية للعازل (kV/mm)
إستيل السليولوز	10^{11}	10^{10}	12
مواد مشكّلة بالكبس في قوالب من الراتنج الألكيدي	10^{12}	10^{10}	في المتوسط 13
أسفلت	$6 \cdot 10^{14}$	–	1,5
إسترالون (PVC – MP)	10^{15}	$> 10^{14}$	18
قار (مواد تشكيل بالكبس في قوالب على البارد) من نوع 212 .	–	10^{8}	على الأقل 3
سليدور S	10^{15}	10^{14}	> 10
راتنج صناعي نقي	10^{13}	10^{11}	15
مواد من الراتنج الإيبوكسيدي للكبس (محشوة بألياف زجاجية)	10^{15}	10^{10}	20
مطاط (كاوتشوك طبيعي)	10^{16}	–	15...30
ميكا (قيمة متوسطة)	$5 \cdot 10^{16}$	–	30...35
مواد للكبس من اليوريا من نوع 131,5 ، على الأقل	10^{10}	10^{11}	8...15
مطاط مصلد (ايبونيت)	10^{14}	–	25
نسيج مصلد	10^{9}	10^{10}	7
ورق مصلد	10^{10}	10^{12}	حتى 20
هوستافلون C	10^{18}	–	100

التسمية	المقاومة النوعية (Ω·cm)	المقاومة السطحية (Ω)	المتانة الكهربائية للعازل (kV/mm)
الصيني العازل (قيمة متوسطة)	10^{11}	$> 10^{10}$	30...35
مجفف بالهواء	–	–	2,1
ماكرولون	10^{17}	10^{15}	> 100
ميلامين (من نوع 152) على الأقل	10^{11}	10^{10}	8...15
نوفودور	10^{14}	–	> 100
أوبانول B	10^{15}	–	23
مواد من الراتنج الفينولي للكبس (من نوع 31,5)	10^{11}	10^{10}	8...15
بولي إثيلين صلد	10^{16}	10^{13}	40...100
البرسبان	10^{11}	–	9...11
بوليستيرول متحمل للصدم	10^{15}	10^{14}	> 100
PVC لين (قيمة متوسطة)	$> 10^{15}$	10^{14}	18
كاوتشوك سليكوني	$5 \cdot 10^{15}$	–	30
استياتيت	$> 10^{13}$	$> 10^{10}$	35...45
تفلون	10^{18}	–	> 50
ترولیتول	10^{16}	10^{14}	> 100
فستيرون HI	$> 10^{15}$	–	> 50
فبر مفلكن (على الأقل)	10^{8}	10^{8}	5,2

الوقود – حرارة الإحتراق

صلب	kJ/kg	سائل	kJ/Kg	غازي (منتخب) طبقا للمواصفات DIN 1340	kJ/m³
انتراسيت	33600	بنزين	46200	غاز طبيعي جاف	29400...37800
ليجنيت (تشيكوسلوفاكيا)	19320	بنزول	42000	غاز الكربنة (التفحيم)	10500...37800
ليجنيت (وسط ألمانيا)	12600	نفط خام	42000	غاز فحم الكوك	14700...23100
قوالب لليجنيت	20160	قطران أفران الكوك	41600	غاز الفرن العالي	3150... 3990
خشب ، مجفف بالهواء	11960	البترول	44100	غاز هيدروكربوني	12600...18900
فحم الخشب	33180	الكحول	28140	أكسيد الكربون	12180...12600
فحم الكوك	22260...30660	قطران الفحم الحجري	34860	غاز التقطير الإتلافي	50400...75600
فحم حجري من إقليم الرور	31500	وقود التدفئة El	42000	غاز البروبين	12600...16800
فحم حجري من إقليم السار	29400	(زيت معدني طبقا L	41600 [1]	البروبين والبيوتين	92400...117600
فحم حجري من إقليم شليزين	28980	للمواصفات القياسية M	40320 [1]	غاز الميثين	29400...415800
قوالب الفحم الحجري	32340	DIN 51603) S	39480 [1]	الإستيلين	58800
فحم المستنقعات ، مجفف بالهواء	13860			الهيدروجين	12810

١) زيوت قطران من الليجنيت والفحم الحجري ≈ 37800 kJ/kg ، الكثافة حوالي 0,86 kg/dm³

درجة حرارة الإشتعال لبعض أنواع الوقود

فحم الخشب	360°C	غاز الاستصباح	800°C
كربون	700°C	ميثان	650°C
أكسيد الكربون	300°C	فحم حجري	325°C
الكوك	700°C	الخث	225°C
هيدروكربونات ثقيلة	600...800°C	هيدروجين	550°C

نقطة الوميض لبعض أنواع الوقود السائلة

بنزين (تبعا	−56°...+10°C
بنزول لحد الغليان)	−15°...+47°C
نفتالين	+80°C
بترول	+25°C...43°C
كحول (بتركيز 95%)	+12°C
زيت القطران	+80°C

زيوت التزليق طبقا لمواصفات DIN :

	زيت عادي N DIN 51501	زيت تشحيم D DIN 51504	زيوت داكنة A DIN 51505	زيوت آلات التبريد DIN 51503
الأنواع	N 4...N 340	D 4...D 92	A 36...A 92	المجموعات : C,B,A
اللزوجة (E) عند درجة 20°C	2,1...45	2,1...12	4,5...12	4,5...10
نقطة الوميض °C	100...318	100...200	140...150	160
نقطة العقد °C	−10...0	−10...0	−10...0	–
الاستخدام	لتشحيم الأجزاء المتحركة والدوارة والمحامل والأسطح الانزلاقية	لتشحيم الأجزاء المتحركة ولمتطلبات أقل مما للنوع N	للمحامل الانزلاقية البسيطة للمحاور وفي حالة عدم القدرة على تفادي الاتساخ والفقد في الزيت	عند تعرض الزيت لتأثير وسيط التبريد

زيت تزليق من نوع N لتعاشيق التروس الحلزونية

النوع	القدرة بالكيلوواط عند سرعة دوران (r.p.m.) 100...250	250...750	750...2 500	أكثر من 2 500
N 49	–	–	–	0,735...14,7 kW
N 68	–	–	0,735...14,7 kW	14,7...73,5 kW
N 92	–	0,735...14,7 kW	14,7...73,5 kW	أكثر من 73,5 kW
N 114	0,735...14,7 kW	14,7...73,5 kW	أكثر من 73,5 kW	–

لتعاشيق التروس العدلة والتروس المخروطية

النوع	القدرة بالكيلوواط عند سرعة دوران (r.p.m.) 100...250	250...750	750...2 500	أكثر من 2 500
N 36	–	–	0,735...3,675 kW	ابتداء من 3,675 kW
N 49	–	0,735...3,675 kW	ابتداء من 3,675 kW	–
N 68	0,735...73,5 kW	أكثر من 73,5 kW	–	–
N 92	أكثر من 73,5 kW	–	–	–

مواد التبريد والتزليق

نوع التشغيل		مادة التصنيع St	Stg	GG	Al	سبيكة Al	سبيكة Mg	Cu, Ms	Pb, Sn, Zn	فضة ألمانية Ni
الخراطة	التخشين	S, B, tr	S, B, tr	tr, B	B, S, tr	S, B, tr, Sp	tr	M, B, tr	B	S, B, tr
	التنعيم	S, B, tr M	S, B, tr, M	tr, B	B, S, tr, M	S, B, Sp, tr, M	tr	M, B, tr	B, tr	S, B, tr
	قطع اللولب	S, B, T	S, B, T	B, tr	S, B, Sw, Sp, M	S, B, Sw, Sp, M	tr	M, B, tr, Sp	B, tr	S, B, tr
الثقب		S, B B	S, B B	B, tr B, tr	B, S, Sw B, Sw	B, S B	tr tr	M, B, tr B, tr	B B	S, B, tr B, tr
التجليخ		B 1 : 60 ماء	B 1 : 60 +5% صودا	B 1 : 60 +5% صودا	B 1 : 60 M	B 1 : 60 M	M, tr	B 1 : 60 +5% صودا	–	B 1 : 60

B = مستحلب ثقب ، S = زيت قطع ، Sw = محلول مائي للصابون ، tr = جاف
M = زيت معدني ، Sp = كحول صابوني ، T = زيت تربنتين



الحسابات

رموز الصيغ الرياضية والوحدات

التسمية	رمز الصيغة	الوحدة	التسمية	رمز الصيغة	الوحدة
الطول والمساحة والحجم والزاوية			طبقا للمواصفات القياسية DIN 1304, 1301		
الطول	l	mm, cm, dm, m, km	المساحة ، ومساحة المقطع	A, S	m^2, (dm^2 cm^2, mm^2)
الارتفاع	h		الزاوية المستوية	α, β, γ	°, gon, rad
العرض	b		الزاوية الفراغية	Ω	sr
نصف القطر	r		الحجم	V	m^3, dm^3, cm^3
القطر	d,D		طول الموجة	λ	m
المسافة	s				
الزمن			طبقا للمواصفات القياسية DIN 1304, 1344, 1301		
الزمن أو المدة	t	s, min, h	عدد الدورات (سرعة الدوران)	n	1/s
زمن الدورة	T	s	السرعة	v, u	m/s
الثابت الزمني	τ	s	السرعة الزاوية	ω	rad/s
التردد	f	1/s, Hz	التسارع	a	m/s^2
التردد الحدي	fr	1/s, Hz	تسارع الجاذبية الأرضية	g	m/s^2
فرق التردد	Δf	1/s, Hz	زاوية التقدم أو التأخر (الطور)	φ	o
التردد الزاوي	ω	1/s			
الكتلة والقوة والوزن والضغط			طبقا للمواصفات القياسية DIN 1304, 1301		
الكتلة	m	kg	إجهاد الشد (إجهاد الضغط)	σ	N/mm^2, N/cm^2
الكثافة	ϱ	kg/dm^3	إجهاد القص العمودي والمستعرض	τ	N/mm^2
القوة	F	N	معامل المرونة	E	
عزم القوة	M	Nm	معامل الانفعال (1/E)	α	
الوزن	G	kg	الانفعال	ε	%
الضغط (القوة على المساحة (أنظر ص ٤٣ / ٤٤)	p	N/cm^2	معامل الاحتكاك	μ	
الحرارة ودرجة الحرارة			طبقا للمواصفات القياسية DIN 1304, 1345, 40121, 1301		
درجة حرارة كلفن	T,Θ	K	السعة الحرارية النوعية	c	$\frac{J}{kg \cdot K}$
درجة حرارة سلزيوس (المئوية)	t,ϑ	°C	الموصلية الحرارية	λ	$\frac{W}{m \cdot K}$
فرق درجات الحرارة	Δϑ	K	معامل الانتقال الحراري	α	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
كمية الحرارة	Q	J,Ws	معامل التمدد الطولي	α	$\frac{1}{K}$
الطاقة	W,E	J	معامل التمدد الحجمي	α_v	$\frac{1}{K}$
1 جول (J) هو وحدة الطاقة : 1 نيوتن متر = 1 واط ثانية = $1\ J = 1 \frac{1\ kg\ m^2}{s^2}$					
الشغل والقدرة			طبقا للمواصفات القياسية DIN 1304, 1344, 5483, 40121, 40110, 1301		
الشغل الميكانيكي	W	J, Nm	القدرة الظاهرية	S, P_s	VA, kVA
الشغل الكهربائي	W	J, Ws, kWh	القدرة الفعالة	P, P_p, P_a	W, kW
القدرة (بصفة عامة)	P		القدرة المفاعلة	Q, P_q, P_r	var, kvar
القدرة الميكانيكية	P	W, Nm/s	القيمة الزمنية للقدرة	P_t	kVA
القدرة الكهربائية	P	W, kW	معامل القدرة (معامل الفعالية P/S)	cos φ	عدد مطلق
الكفاية	η	عدد مطلق	معامل المفاعلة (Q/S)	sin φ	عدد مطلق

طبقا للمواصفات القياسية 5483 و 1344 و DIN 40110 تعتبر Q و P و S رموزا مفضلة ، و P_q و P_p رموزا إحتياطية ، إلا في حالة الآلات الكهربائية حيث تستعمل الرموز P_r, P, P_p في المقام الأول ، بينما تعتبر الرموز S, P_a, P_q, Q رموزا إحتياطية .

التسمية	رمز الصيغة	الوحدة	التسمية	رمز الصيغة	الوحدة
الضوء			طبقا للمواصفات القياسية DIN 1304, 1301		
التدفق الضوئي (لومن)	Φ	Lumen (lm)	شدة الإضاءة	E	Lux (lx)
شدة الضوء (كانديلا)	I	Candela (cd)	الكثافة الضوئية	L_v	cd/m^2, cd/cm^2
كمية الضوء	Q	lmh	سرعة الضوء	c	m/s
الإشعاع الضوئي النوعي	M_v	lm/cm^2			

الأعداد والقيم النسبية للهندسة الكهربائية الميكانيكية — طبقا للمواصفات القياسية DIN 40121

الرمز	التسمية	الرمز	التسمية
p	عدد أزواج الأقطاب	q	عدد المجاري لكل قطب وكل طور
a	عدد الفروع المتوازية لكل طور	k	عدد طبقات المبدل
a	عدد أزواج التفرعات لأعضاء إنتاج المبدلات	s	التفويت (الانزلاق)
m	عدد أطوار اللف	ξ	معامل اللف
w	عدد اللفات	t_r	نسبة النقل (التحويل)
z	عدد الموصلات	a	النسبة المثلى لتراكب الأقطاب
z_n	عدد الموصلات في كل مجرى (أخدود)	β	نسبة تغطي الفرش
u	عدد جوانب الملف لكل مجرى وكل طبقة	f_{Fe}	معامل الحيز للحديد
N	عدد المجاري (الأخاديد)	f_{Cu}	معامل الحيز للمجرى (مساحة مقطع النحاس : مساحة مقطع المجرى)

وحدات الـكميات الـكهربائية

طبقا للمواصفات DIN 1357

تطبق الوحدات العملية المطلقة ڤولط (V) وأمبير (A) على المستوى الدولي ابتداء من أول يناير ١٩٧٨ . كذلك يتحدد مايلي :

$$1\ VAs = 1\ Joule\ (J) = 1\ Ws = 1\ Nm = \frac{1\ kg \cdot m^2}{s^2}$$

الجهد الـكهربائي والتيار الـكهربائي

طبقاً للمواصفات : DIN 1304, 1344, 5483, 40110, 40121, 1301

	الجهد الـكهربائي (ڤولط)	التيار الـكهربائي (أمبير)
القوة الدافعة الـكهربائية	E	–
الجهد الـكهربائي والتيار الـكهربائي (بصفة عامة)	U	I
القيمة اللحظية (بصفة عامة)	u	i
القيمة العظمى (قيمة الذروة)	$\hat{U}, U_{max}, U_m$	$\hat{I}, I_{max}, I_m$
القيمة الفعالة ، إذا لزم تمييزها	U_{eff}	I_{eff}
القيمة المتوسطة الخطية زمنيا ، لـكمية دورية متعلقة بالزمن	$\bar{U}$	$\bar{I}$
قيمة التقويم لـكمية مترددة (المتوسط الحسابي)	$\overline{\lvert u \rvert}$ (وليس $\lvert \bar{u} \rvert$)	$\overline{\lvert i \rvert}$
مدى تغير الموجة ، اتساع الذبذبة (الفرق بين القيمة اللحظية الـكبرى والقيمة اللحظية الصغرى)	$U_{ss}, U_{pp}, \Delta U$	$I_{ss}, I_{pp}, \Delta I$
تموّج كمية مختلطة	$\frac{U\sim}{\bar{U}}$	$\frac{I\sim}{\bar{I}}$ أعداد مطلقة
الجهد الـكهربائي الفعّال والتيار الـكهربائي الفعّال	U_a	I_a
الجهد الـكهربائي المفاعل والتيار الـكهربائي المفاعل	U_r	I_r
الهبوط في الجهد الـكهربائي (الهبوط الفعلي)	u	–
فرق الجهد الـكهربائي	$\Delta U, U_{diff}$	
كثافة التيار الـكهربائي	–	J, S (A/mm^2, A/cm^2)

المقاومة الـكهربائية

DIN 1304, 40121, 1301

التسمية	رموز الصيغ	الاسم	اختصار الوحدة العملية
المقاومة الفعالة	R	أوم Ohm	Ω
المقاومة المفاعلة	X	أوم Ohm	Ω
المعاوقة أو المقاومة الظاهرية	Z	أوم Ohm	Ω
المقاومة الخارجية	R_{ex}	أوم Ohm	Ω
المقاومة الداخلية	R_i	أوم Ohm	Ω
المقاومة النوعية	ϱ	$\frac{Ohm \cdot mm^2}{m}$ $\frac{\text{أوم} \times \text{ملليمتر مربع}}{\text{متر}}$	$\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$
المواصلة الفعالة	G	سيمنز Siemens	S
المواصلة المفاعلة	B	سيمنز Siemens	S
المسامحة (المواصلة الظاهرية)	Y	سيمنز Siemens	S
الموصلية	ϰ	$\frac{Siemens \cdot m}{mm^2}$ $\frac{\text{سيمنز} \times \text{متر}}{\text{ملليمتر مربع}}$	$\frac{S \cdot m}{mm^2}$ $\left(\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}\right)$
المعاوقة التموية (المميزة)	Γ,Z	أوم Ohm	Ω

المجال الـكهربائي

DIN 1304, 1301

التسمية	رموز الصيغ	الاسم	اختصار الوحدة العملية
كمية الـكهرباء	Q	كولوم Coulomb	C, As
كثافة الإزاحة الـكهربائية	D	كولوم لكل سنتيمتر مربع ($Coulomb/cm^2$)	C/cm^2
شدة المجال الـكهربائي	E	Volt/m	V/m
الشحنة الأولية	e	$1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C	
ثابت العازل الـكهربائي	ε		عدد مطلق
السعة الـكهربائية	C	فاراد Farad	F

المجال المغنطيسي

DIN 1304, 1357, 1301

التسمية	رموز الصيغ	الاسم	اختصار الوحدة العملية
التدفق المغنطيسي	Φ	ويبر Weber	Wb , Vs
الحث المغنطيسي (كثافة التدفق)	B	ويبر لكل متر مربع ($Weber/m^2$)	Wb/m^2 , Vs/m^2
شدة المجال المغنطيسي	H	أمبير لكل متر (Ampere/m)	A/m
الجهد المغنطيسي	V	أمبير Ampere	A
وصلية التدفق المغنطيسية (الأمبير لفات)	Θ	أمبير Ampere	A
شدة المجال القهري	H_c	أمبير لكل سنتمتر (Ampere/cm)	A/cm
المحتفظية	B_r	ويبر لكل ستمتر مربع ($Weber/cm^2$)	Wb/cm^2
الدوام	I_p	ويبر لكل سنتيمتر مربع ($Weber/cm^2$)	Wb/cm^2
ثابت الحث المغنطيسي	μ_0	ويبر لكل أمبير . متر (Weber/Amp.·m)	Wb/Am
الإنفاذية	μ		عدد مطلق
المقاومة المغنطيسية	R_m	مقلوب هنري 1/Henry	1/H
المواصلة المغنطيسية	Λ	هنري Henry	H
المحاثة	L	هنري Henry	H
المحاثة التبادلية	M	هنري Henry	H
عدد اللفات	N	في صناعة المحركات الـكهربائية : w	عدد مطلق

هناك وحدات أخرى للـكميات المغنطيسية موضحة في باب المغنطيسية



وحدات القياس

طبقا للمواصفات DIN 1301

الطول

ميكرومتر	1 µm
مليمتر	1 mm = 1000 µm
سنتيمتر	1 cm = 10 mm
ديسيمتر	1 dm = 10 cm
متر	1 m = 10 dm
كيلومتر	1 km = 1000 m
بوصة	1 = 25,4 mm
ياردة	1 = 0,914 m
ميل بحري	1 = 1853 m
ميل	1 = 1609 m

المساحة

مليمتر مربع	1 mm^2
سنتيمتر مربع	1 cm^2 = 100 mm^2
ديسيمتر مربع	1 dm^2 = 100 cm^2
متر مربع	1 m^2 = 100 dm^2
آر	1 a = 100 m^2
هكتار	1 ha = 100 a
كيلومتر مربع	1 km^2 = 100 ha
بوصة مربعة	1 = 6,45 cm^2
ياردة مربعة	1 = 0,84 m^2
الفدان الإنجليزي	1 = 40,5 a

الأجسام (مقاييس الحجوم)

مليمتر مكعب	mm^3
سنتيمتر مكعب	1 cm^3 = 1000 mm^3
ديسيمتر مكعب	1 dm^3 = 1000 cm^3
متر مكعب	1 m^3 = 1000 dm^3
لتر	1 l = 1 dm^3
هكتولتر	1 hl = 100 l
بوصة مكعبة	1 = 16,387 cm^3
طن تسجيلي	1 = 2,832 m^3
جالون	1 = 4,54 l

الأوزان

مليجرام	1 mg
جرام	1 g = 1000 mg
كيلوجرام	1 kg = 1000 g
طن	1 t = 1000 kg
أوقية	1 = 28,35 g
رطل	1 lbs = 0,454 kg
طن إنجليزي	1 = 1016 kg
طن أمريكي	1 = 907 kg

الزمن

1 ثانية	1 s
1 دقيقة	1 min = 60 s
1 ساعة	1 h = 60 m = 3 600 s
1 يوم	1 d = 24 h = 86 400 s
1 سنة	1 a = 365 d أو 366 d
في إقتصاديات الطاقة :	1 a = 8 760 h (365,24 d)
في حسابات البنوك :	1 a = 360 d

يمكن الرمز للدقيقة بالحرف m بدلا من min ، إذا لم يؤدي ذلك إلى حدوث إلتباس .

التعبير عن فترة زمنية 3 h = ثلاث ساعات

التعبير عن لحظة زمنية $3^h 25^m$ = الساعة الثالثة وخمس وعشرون دقيقة

الزوايا

الزاوية المحيطية الكاملة	2 π rad
الدرجة	1° $= \frac{\pi}{2}$rad ÷ 90 $= \frac{\pi}{180}$rad
الدقيقة	1′ = 1°/60
الثانية	1″ = 1′/60
الجون	1 gon = 90°/100 $= \frac{\pi}{200}$ rad
الديسيجون	1 dgon = 1/10 gon
السنتيجون	1 cgon = 1/100 gon

الشغل

جول	1 J = 1 واط ثانية (Ws)
كيلوجول	1 kJ = 1/36 00 kWh = 1/3,6 Wh
نيوتن متر	1 Nm = 1 Ws = 1 J = 1 kgm^2/s^2
كيلو واط ساعة	1 kWh = 3,6 MJ = 3,6 MNm

1 cal = 4,186 J, 1 J = 0,239 cal (0,24)

1 kpm = 9,81 J = 9,81 Ws = 9,81 Nm

1 kcal ≈ 4,2 kJ; 1 kWh ≈ 860 kcal

القدرة

(واط) 1 W = 1 J/s = 1 Nm/s = 1 kgm^2/s^3

(كيلو واط) 1 kW = 1000 W = 1 kJ/s = 1 kNm/s

1 kpm/s = 9,81 W = 9,81 Nm/s

1 W ≈ 0,102 kpm/s = 1 Nm/s

1 HP = 75 kpm/s ≈ 736 W ≈ 0,736 kW

1 kW = 102 kpm/s ≈ 1,36 HP

1 kW ≈ 4/3 HP; 1 HP ≈ 3/4 kW

القوة ، الضغط

DIN 1314

القوة : وحدة القوة هي النيوتن (N) ويساوي النيوتن (1 N) القوة التي تحرك جسما كتلته 1 kg بتسارع قدره 1 m/s^2 :
1 N = 1 kgm/s^2

الضغط : وحدة الضغط هي الباسكال (Pa) ويساوي الباسكال (1 P) الضغط الذي يؤثر بالتساوي على مساحة ما ، بقوة عمودية قدرها 1 N لكل 1 m^2 من المساحة .

1 Pa = 1 N/m^2 [1 Pa $= \frac{1}{9,81}$ kp/m^2 = 0,102 kp/m^2]

1 Pa = kg/ms^2

الوحدات العملية المكافئة للضغط والإجهاد الميكانيكي (المقاومة)

1 daN/mm^2	≈ 1 kp/mm^2	≈ kN/cm^2	= 1 hbar
1 daN/cm^2	≈ 1 kp/cm^2	≈ 1 at	= 1 bar
1 kN/cm^2	= 1 daN/mm^2	= 1 hbar	≈ 1 kp/mm^2
1 kp/mm^2	≈ 1 daN/mm^2	≈ 1 kN/cm^2	≈ 1 hbar
1 kp/cm^2	= 1 at	≈ 1 daN/cm^2	≈ 1 bar
1 bar	= 1 daN/cm^2	≈ 1 kp/cm^2	≈ 1 at
1 mbar	= 1 cN/cm^2	= 100 N/m^2	≈ 1 p/cm^2
1 µbar	= 1 dN/m^2	≈ 1/100 kp/m^2	

العلاقات العددية بين وحدات الضغط

at	Torr	atm	kp/m²	µbar	bar	N/m²	
$1{,}02 \cdot 10^{-5}$	$0{,}75 \cdot 10^{-2}$	$0{,}99 \cdot 10^{-5}$	0,102	10	10^{-5}	1	1 N/m²
1,02	750	0,99	$1{,}02 \cdot 10^{4}$	10^{6}	1	10^{5}	1 bar
$1{,}02 \cdot 10^{-6}$	$0{,}75 \cdot 10^{-3}$	$0{,}99 \cdot 10^{-6}$	$1{,}02 \cdot 10^{-2}$	1	10^{-6}	0,1	1 µbar
10^{-4}	0,074	$0{,}97 \cdot 10^{-4}$	1	98	$0{,}98 \cdot 10^{-4}$	9,81	1 kp/m²
1,033	760	1	$1{,}033 \cdot 10^{4}$	$1{,}013 \cdot 10^{6}$	1,013	$1{,}013 \cdot 10^{5}$	1 atm
$1{,}36 \cdot 10^{-3}$	1	$1{,}32 \cdot 10^{-3}$	13,6	1333	$1{,}33 \cdot 10^{-3}$	133	1 Torr
1	736	0,97	10^{4}	$0{,}981 \cdot 10^{6}$	0,981	$0{,}981 \cdot 10^{5}$	1 at

الرموز الرياضية

طبقا للمواصفات DIN 1302

الرمز	المعنى
+	زائد ، و . . .
−	ناقص ، أقل من
·	مضروبا في
×	مضروبا في
÷	مقسوما على
/	مقسوما على
—	مقسوما على
=	يساوي
≅	متطابق مع
≠	لا يساوي
≈	يساوي تقريبا ، نحو
~	مماثل ، متناسب
<	أصغر من
>	أكبر من (طبقا للنظام الأوروبي)
≪	أصغر كثيرا من

الرمز	المعنى
≫	أكبر كثيرا من (طبقا للنظام الأوروبي)
≙	يناظر
∞	ما لا نهاية
∥	مواز
⋕	مساو ومواز
↑↑	متوازي وفي نفس الإتجاه (متسايرة)
↑↓	متوازي ومتضادة في الإتجاه (متغايرة)
⊥	عمودي على ، متعامد مع
∢	زاوية
△	مثلث
√	الجذر التربيعي
...	إلى (حتى)
Σ	مجموع ، حاصل جمع
Δ	تغيّر محدود (مثال ذلك ΔI)

الرمز	المعنى
$\overline{AB}$	المسافة AB
$\widehat{AB}$	القوس AB
rad	زاوية نصف قطرية (نقية) (الزاوية المقابلة لقوس طوله الوحدة في دائرة نصف قطرها الوحدة)
lg	لوغاريتم عشري
ln	لوغاريتم طبيعي
/	لكل (m/s = متر لكل ثانية)
%	النسبة المئوية (في المائة)
‰	النسبة الألفية (في الألف)
f (x)	دالة المتغير x
sin	جيب
cos	جيب تمام
tan	ظل
cot	ظل تمام

الحروف الأبجدية اليونانية

Α	α	ألفا	Alpha	a
Β	β	بيتا	Beta	b
Γ	γ	جاما	Gamma	g
Δ	δ	دلتا	Delta	d
Ε	ε	إبسلون	Epsilon	e
Ζ	ζ	زيتا	Zeta	z
Η	η	إيتا	Eta	e
Θ	ϑ	ثيتا	Theta	th
Ι	ι	يوتا	Jota	i
Κ	ϰ	كابا	Kappa	k
Λ	λ	لامدا	Lambda	l
Μ	μ	ميو	Mu	m
Ν	ν	نيو	Nu	n
Ξ	ξ	كساي	Ksi	x
Ο	ο	أوميكرون	Omicron	o
Π	π	پاي	Pi	p
Ρ	ϱ	رو	Rho	r
Σ	σ	سيغما	Sigma	s
Τ	τ	تاو	Tau	t
Υ	υ	أوبسلون	Upsilon	u
Φ	φ	فاي	Phi	ph
Χ	χ	شاي	Chi	ch
Ψ	ψ	بساي	Psi	ps
Ω	ω	أوميغا	Omega	o

الأرقام الرومانية

I = 1	VII = 7	XX = 20	XC = 90	CM = 900
II = 2	VIII = 8	XXX = 30	C = 100	M = 1000
III = 3	IX = 9	XL = 40	CC = 200	MC = 1100
IV = 4	X = 10	L = 50	CD = 400	MM = 2000
V = 5	XI = 11	LX = 60	D = 500	
VI = 6	XII = 12	LXX = 70	DC = 600	

أمثلة: 98 = XCVIII   449 = CDXLIX   1871 = MDCCCLXXI



قانون الوحدات في علم القياس الصادر في يونيو ١٩٦٩ بألمانيا الاتحادية (مقتطف)

وحدات النظام المتري الدولي

مادة ٣: الكميات الأساسية والوحدات الأساسية

أولا: الكمية الأساسية للطول (l) ووحدتها الأساسية هي المتر (m).

1 m هو مقدار 1 650 763,73 ضعفا من طول موجة أشعاع ذرات عنصر الكريبتون 86 (^{86}Kr) المنتشرة في حيز التفريغ عند الانتقال من المدار $5d_5$ إلى المدار 2_{P10}.

ثانيا: الكمية الأساسية للكتلة (m) ووحدتها الأساسية الكيلوجرام (kg).

1 kg هي كتلة النموذج الأصلي الدولي للكيلوجرام.

ثالثا: الكمية الأساسية للزمن (t) ووحدتها الأساسية هي الثانية (s).

1 s تساوي مقدار 9 192 631 770 ضعفا من زمن دورة الإشعاع لذرات عنصر السيزيوم 133 (^{133}Cs) عند الانتقال بين المدارين الأساسيين للبنية فوق الدقيقة.

رابعا: الكمية الأساسية لشدة التيار الكهربائي (I) ووحدتها الأساسية هي الأمبير (A).

1 A هي شدة التيار الثابت الذي إذا مر خلال موصلين مستقيمين متوازيين لا نهائيي الطول موضوعين في الفراغ وكان مقطع كل منهما دائري الشكل وصغير بحيث يمكن إهماله ويبعد كل منهما عن الآخر مسافة متر واحد، فإنه تنتج بين هذين الموصلين قوة مقدارها $1/5\,000\,000$ kg m/s² لكل متر من طول كل موصل بطريقة كهردينامية.

خامسا: الكمية الأساسية لدرجة الحرارة الدينامية (T) أو درجة حرارة كلفن ووحدتها الأساسية هي الكلفن (K).

1 K هو $\frac{1}{273{,}16}$ من درجة الحرارة الدينامية للنقطة الثلاثية للماء.

سادسا: الكمية الأساسية لشدة الضوء ووحدتها الأساسية (I_v) هي الكنديلا (cd).

1 cd هي شدة الضوء الصادر عموديا من سطح مساحته $1/600\,000$ m² من المساحة السطحية لجسم أسود مشع عند درجة تجمد البلاتين تحت ضغط 101 325 kg/(ms²).

مادة ٦: يمكن التعبير عن المضاعفات والأجزاء العشرية للوحدات، بإضافة بادئات قبل إسم أو رمز الوحدة. (للبادئات أنظر ص ٦٢) ويطبق ذلك على الوحدات المشتقة أيضا.

الوحدات القانونية المشتقة «المذكرة التفسيرية لقانون الوحدات في علم القياس الصادرة في ٢٦ يونيو ١٩٧٠ بألمانيا الاتحادية».
والوحدات القانونية المشتقة هي «وحدات SI المشتقة» المسبوقة بالمعامل العددي 1 في معادلة الوحدات.
(أمثلة 1 Ω=1 V/A و 1 N=1 kgm/s² و 1 C=1 As)

مادة ٥: الزاوية المستوية: Radiant

زاوية نقية (نصف قطرية) ورمز وحدتها rad.

1 rad هي الزاوية المركزية لدائرة نصف قطرها 1 m ويقابلها قوس طوله 1 m، وتساوي الزاوية المحيطية الكاملة 2·π rad.

مادة ٦: الزاوية المجسمة

زاوية نقية مجسمة ورمز وحدتها sr.

1 sr تساوي الزاوية المجسمة التي تقطع قطاعا كرويا مساحته 1 m² من سطح كرة نصف قطرها 1 m، وينتج عن الزاوية المجسمة والقطاع الكروي معا مخروط قائم قاعدته هي القطاع الكروي ورأسه في مركز الكرة.

مادة ١٩: القوة

الوحدة نيوتن ورمزها N.

1 N يساوي القوة التي إذا أثرت على جسم كتلته 1 kg فإنها تكسبه تسارعا مقداره 1 m/s². وتعتبر وحدات القوة وحدات للوزن أيضا باعتباره كمية قوة وفقا لحاصل ضرب الكتلة في تسارع الجاذبية الأرضية (قوة الوزن).

مادة ٢٠: الضغط والإجهاد الميكانيكي

الوحدة باسكال ورمزها Pa.

1 Pa يساوي الضغط الذي يؤثر على سطح ما بصورة متجانسة في الاتجاه العمودي عليه بقوة مقدارها 1 N لكل 1 m² من مساحة السطح.

الإسم الخاص بمقدار 10^5 باسكال هوبار 1 bar. ورمز وحدته: bar
($1\ bar = 10^5\ Pa$)

مادة ٢٣: الطاقة والشغل وكمية الحرارة

الوحدة جول ورمزها J.

1 J يساوي الشغل المبذول نتيجة إزاحة نقطة تأثير القوة 1 N بمقدار 1 m في إتجاه القوة.

ويمكن أيضا استعمال حاصل ضرب الوحدة القانونية للقوة في الوحدة القانونية للمسافة (مثل نيوتن متر Nm) وكذلك حاصل ضرب الوحدة القانونية للقدرة في الوحدة القانونية للزمن (مثل واط ثانية Ws).

مادة ٢٤: القدرة ومعدل تدفق الطاقة ومعدل تدفق الحرارة

الوحدة واط ورمزها W.

1 W يساوي القدرة التي يتم بواسطتها تحويل طاقة قدرها 1 J في ثانية واحدة.

وتستخدم الرموز المشتقة VA للقدرة الظاهرية و var للقدرة المفاعلة (غير الفعالة).

مادة ٢٥: الجهد الكهربائي

الوحدة ڤولط ورمزها V.

1 V يساوي الجهد الكهربائي أو فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين على سلك معدني موصل متجانس التركيب ودرجة الحرارة، الذي إذا مر به تيار كهربائي ثابت زمنيا تبلغ شدته 1 A نتجت قدرة مقدارها 1 W.

مادة ٢٦: المقاومة الكهربائية

الوحدة أوم ورمزها Ω.

1 Ω يساوي المقاومة الكهربائية بين نقطتين على سلك معدني موصل متجانس التركيب ودرجة الحرارة، يمر خلاله تيار ثابت زمنيا شدته 1 A، عند وجود فرق جهد كهربائي بين النقطتين مقداره 1 V.

مادة ٢٨: كمية الكهرباء أو الشحنة الكهربائية

الوحدة كولوم ورمزها C.

1 C يساوي كمية الكهرباء التي تمر خلال مقطع موصل ما في الثانية الواحدة عند مرور تيار كهربائي ثابت زمنيا شدته 1 A.

مادة ٢٩: السعة الكهربائية

الوحدة فاراد ورمزها F.

1 F يساوي السعة الكهربائية للمكثف الذي إذا ما شحن بكمية كهرباء مقدارها 1 C يكون فرق الجهد بين لوحيه 1 V.

مادة ٣٠: كثافة التدفق الكهربائي أو الإزاحة

الوحدة كولوم لكل متر مربع ورمزها C/m².

1 C/m² هي كثافة التدفق الكهربائي بين لوحين متوازيين لا نهائيي الطول يبعدان عن بعضهما بمسافة 1 m، عند شحنهما بمقدار 1 C لكل m² من المساحة.

مادة ٣١ : شدة المجال الكهربائي : وحدتها : ڤولط / متر ، ورمزها : V/m .
1 V/m تساوي شدة مجال كهربائي متجانس ، فرق الجهد بين نقطتين فيه هو 1 V عندما تبعد النقطتان عن بعضهما 1 m في اتجاه المجال .

مادة ٣٢ : التدفق المغنطيسي : وحدته : ويبر ورمزها : Wb و 1 Wb يساوي التدفق المغنطيسي الذي إذا تلاشى بانتظام حتى ينعدم في زمن قدره 1 s يولد أثناء ذلك جهدا كهربائيا مقداره 1 V في الملف المحيط به . 1 Wb = 1 Vs .

مادة ٣٣ : كثافة التدفق المغنطيسي والحث : وحدتها : تسلا ، ورمزها : T و 1 T تساوي كثافة تدفق مغنطيسي قدره 1 Wb عندما يخترق مساحة 1 m² إختراقا عموديا .

مادة ٣٤ : المحاثة : وحدتها : هنري ، ورمزها : H و 1 H تساوي محاثة لفيفة مقفلة إذا مر فيها تيار كهربائي شدته 1 A أنتجت تدفقا مغنطيسيا قدره 1 Wb في الوسط المفرغ تماما . 1 H = 1 Wb/A .

مادة ٣٥ : شدة المجال المغنطيسي : وحدتها : أمبير / متر ، ورمزها : A/m و 1 A/m يساوي شدة المجال المغنطيسي التي يولدها تيار كهربائي شدته 1 A إذا مر خلال موصل مستقيم لا نهائي الطول ، دائري المقطع على محيط دائرة طوله 1 m متمركزة حول مقطع الموصل في وسط تام التفريغ .

مادة ٣٦ : الإسم الخاص لدرجة حرارة كلفن (K) – عند إعطاء قيمة بمقياس سلزيوس – هو درجة حرارة مئوية ورمز وحدتها °C .

مادة ٣٧ : الكثافة الضوئية : وحدتها : الكنديلا / مترمربع ، ورمزها : cd/m² و 1 cd/m² يساوي 1/600 000 من الكثافة الضوئية لجسم أسود مشع عند درجة حرارة تجمد البلاتين تحت ضغط 101 325 Pa .

مادة ٣٨ : التدفق الضوئي : وحدته : اللومن ورمزها : lm و 1 lm يساوي التدفق الضوئي المنبعث بصورة منتظمة في جميع الاتجاهات بالزاوية المجسمة 1 sr من مصدر ضوئي على شكل نقطة تبلغ شدته الضوئية 1 cd .

مادة ٣٩ : شدة الإستضاءة : ووحدتها : اللوكس ، ورمزها : lx و 1 lx يساوي شدة الإستضاءة السائدة فوق مساحة ما ، عند توزع تدفق ضوئي قدره 1 lm بصور منتظمة على مساحة قدرها 1 m² .

تعتبر جميع الوحدات الناتجة عن ضرب أو قسمة الوحدات القانونية وحدات مشتقة أيضا

الوحدات المشتقة الناتجة عن ضرب أو قسمة وحدات قانونية أو مشتقة .

القوة : 1 N = 1 J/m = 1 kgm/s²

الشغل والطاقة وكمية الحرارة :
1 J = 1 Ws = 1 Nm = 1 kgm²/s², 1 Wh = 3 600 J, 1 kWh = 3,6 MJ

القدرة : 1 W = 1 J/s = 1 kgm²/s³

الدفع النبضي : 1 Ns = Ws²/m = 1 kgm/s

الضغط : 1 Pa = 1 N/m² = 10⁻⁵bar = 1 kg/(ms²)

الإجهاد الميكانيكي (المقاومة) : 1 N/mm² = 1 M Pa

التيار الكهربائي : 1 A = 1 Nm/(Vs) = 1 kg m²/(Vs³)

الجهد الكهربائي : 1 V = 1 Nm/(As) = 1 kg m²/(As³)

المقاومة الكهربائية : 1 Ω = 1 Nm/(A²s) = 1 kg m²/(A²s³)

ثوابت الانتقال Decibel و Neper

DIN 5493

بيل Bel ونيبر Neper وحدات قياس لنسب القدرة أو التيار أو الجهد . وعادة يستخدم الديسيبل Decibel (dB) بدلا من البيل Bel ($1\ dB = \frac{1}{10}$ Bel)

مثال ١ : القدرة الداخلة لمضخم $P_1 = 5\ mW$. والقدرة الخارجة منه $P_2 = 500\ mW$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{500\ mW}{5\ mW} = 100 = 20\ dB = 2{,}3\ Np$$

العلاقة الرياضية : 1 dB = 0,115 Np, 1 Np = 8,686 dB

التحليل إلى قيم جزئية :
(لأجل U, I) 0,5 dB = 0,4 dB + 0,1 dB = 1,047 · 1,012
(لأجل P) = 1,096 · 1,024

مثال ٢ : الجهد الكهربائي الداخل $U_1 = 60\ \mu V$
والجهد الكهربائي الخارج $U_2 = 600\ \mu V$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{600\ \mu V}{60\ \mu V} = 10 = 20\ dB = 2{,}3\ Np$$

$$1\ dB = 20\lg\frac{U_2}{U_1},\ 1\ dB = 20\lg\frac{I_2}{I_1},\ 1\ dB = 10\lg\frac{P_2}{P_1}$$

$$1\ Np = \ln\frac{U_2}{U_1},\ 1\ Np = \ln\frac{I_2}{I_1},\ 1\ Np = \tfrac{1}{2}\ln\frac{P_2}{P_1}$$

Neper نيبر							Decibel ديسبل							
$P_1 : P_2$	$U_1 : U_2$ / $I_1 : I_2$	Np	$P_1 : P_2$	$U_1 : U_2$ / $I_1 : I_2$	Np	$P_1 : P_2$	$U_1 : U_2$ / $I_1 : I_2$	dB	$P_1 : P_2$	$U_1 : U_2$ / $I_1 : I_2$	dB	$P_1 : P_2$	$U_1 : U_2$ / $I_1 : I_2$	dB
54	7,4	2	1,020	1,010	0,01	158	12,59	22	5,01	2,24	7	1,024	1,012	0,1
149	12,2	2,5	1,105	1,051	0,05	251	15,85	24	5,62	2,37	7,5	1,047	1,023	0,2
403	20	3	1,22	1,10	0,1	398	19,95	26	6,31	2,51	8	1,096	1,047	0,4
1100	33	3,5	1,35	1,16	0,15	631	25,12	28	7,08	2,66	8,5	1,148	1,072	0,6
3000	55	4	1,49	1,22	0,2	1000	31,5	30	7,9	2,82	9	1,202	1,096	0,8
8100	90	4,5	1,82	1,35	0,3	3090	56	35	8,9	2,99	9,5	1,26	1,12	1
22000	148	5	2,23	1,49	0,4	10^4	100	40	10	3,16	10	1,42	1,19	1,5
59000	245	5,5	2,72	1,65	0,5	$3 \cdot 10^4$	174	45	12,6	3,55	11	1,59	1,26	2
$16 \cdot 10^4$	403	6	3,32	1,82	0,6	10^5	316	50	15,9	3,98	12	1,77	1,33	2,5
$44 \cdot 10^4$	665	6,5	4,05	2,01	0,7	$3 \cdot 10^5$	562	55	20,0	4,47	13	1,99	1,41	3
$1{,}2 \cdot 10^6$	1100	7	4,95	2,23	0,8	10^6	1000	60	25,1	5,01	14	2,24	1,50	3,5
$3{,}3 \cdot 10^6$	1800	7,5	6,05	2,46	0,9	$3 \cdot 10^6$	1780	65	31,6	5,62	15	2,51	1,59	4
$8{,}9 \cdot 10^6$	3000	8	7,39	2,72	1	10^7	3162	70	39,8	6,3	16	2,82	1,68	4,5
$2{,}4 \cdot 10^7$	4900	8,5	11,02	3,32	1,2	$3 \cdot 10^7$	5620	75	50,1	7,08	17	3,16	1,78	5
$6{,}5 \cdot 10^7$	8100	9	16,4	4,06	1,4	10^8	10000	80	53,1	7,94	18	3,55	1,88	5,5
$1{,}8 \cdot 10^8$	13340	9,5	24,5	4,95	1,6	$3 \cdot 10^8$	17800	85	79,4	8,91	19	3,98	2,0	6
$4{,}7 \cdot 10^8$	22000	10	36,6	6,05	1,8	10^9	31620	90	100	10	20	4,467	2,11	6,5



استخدام جداول الأعداد

تعطي جداول الأعداد قيمة محيط الدائرة ومساحة الدائرة والمربع والجذر التربيعي لأي عدد من 1 إلى 1000 .

ويرمز للعدد في حالة القيم الخاصة بالدوائر بالحرف d (القطر) ، وفي حالة المربع والجذر التربيعي بالحرف n

القيمة المطلوبة	$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	القيمة المطلوبة
U محيط دائرة طول قطرها : d = 22 ⌀	62,832	314,159	20	400	4,4721	A مساحة مربع طول ضلعه : 25
	65,973	346,361	21	441	4,5826	
	69,115		22	484	4,6904	
= 69,115	72,257	415,476	23	529	4,7958	
	75,398	452,389	24	576	4,8990	25
	78,540	490,874	25	625		= 625
A مساحة المقطع لدائرة طول قطرها : d = 28 ⌀	81,681	530,929	26	676	5,0990	
	84,823	572,555	27	729	5,1962	الجذر التربيعي للقيمة :
		615,752	28	784	5,2915	
	91,106	660,520	29	841	5,3852	30
= 615,752	94,248	706,858	30		5,4772	= 5,4772
	348,72	9676,89	111	12321	10,5357	
القطر بمعلومية محيط الدائرة :	351,86		112	12544	10,5830	
	355,00	10028,7	113	12769	10,6301	طول الضلع n بمعلومية مربعه
القطر بمعلومية مساحة الدائرة	358,14	10207,0	114	12996	10,6771	
	361,28	10386,9	115		10,7238	العدد بمعلومية جذره التربيعي

قراءة القيم العشرية الأكبر والأصغر (أمثلة)

معامل الفاصلة (معامل الخانة)	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	
القيمة الجدولية d	78,540	490,874	25	625,000	5,00	القيمة الجدولية n
القيمة الأصغر من القيمة الجدولية 2,5 — خانة واحدة	7,854	a 4,908	2,5	6,25	= 1,58	القيمة الأصغر من القيمة الجدولية 2,5 — أنظر $\sqrt{250}$ — خانة واحدة
القيمة الأصغر من السابقة 0,25 — خانتان	0,785	0,49	0,25	0,0625	b 0,50 = X	القيمة الأصغر من السابقة 0,25 — خانة واحدة
القيمة الأكبر من القيمة الجدولية 250 — خانة واحدة	785,400	49087,000	250	62500,000	= 15,8	القيمة الأكبر من القيمة الجدولية 250 — أنظر $\sqrt{250}$
قيمة أكبر من السابقة : 2 500 — خانتان	7854,000	4908700,000	2500	6250000,000	50,0	قيمة أكبر من السابقة : 2 500 — خانة واحدة

إزاحة الفاصلة العشرية : ١) تزاح الفاصلة العشرية يسارا إذا كان العدد المطلوب (0,25) أصغر من العدد الأساسي (25) ، ويمينا إذا كان العدد المطلوب (250) أكبر منه . ٢) تزاح الفاصلة العشرية بعدد الخانات المناظر لمعامل الخانة (الصف العددي الأعلى $^1/_2$ – 2 – 1 – 2 – 1) . ويتم حساب ذلك بضرب معامل الخانة في عدد الخانات العشرية التي يصغر بها العدد المطلوب عن العدد الأساسي (a و b) .

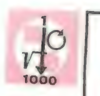
محيط الدائرة ومساحة الدائرة والمربع والجذر التربيعي

U = π d	A = $\frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	U = π d	A = $\frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$
1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$
3,142	0,7854	1	1	1,0000	160,22	2042,82	51	2601	7,1414
6,283	3,1416	2	4	1,4142	163,36	2123,72	52	2704	7,2111
9,425	7,0686	3	9	1,7321	166,50	2206,18	53	2809	7,2801
12,566	12,5664	4	16	2,0000	169,65	2290,22	54	2916	7,3485
15,708	19,6350	5	25	2,2361	172,79	2375,83	55	3025	7,4162
18,850	28,2743	6	36	2,4495	175,93	2463,01	56	3136	7,4833
21,991	38,4845	7	49	2,6458	179,07	2551,76	57	3249	7,5498
25,133	50,2655	8	64	2,8284	182,21	2642,08	58	3364	7,6158
28,274	63,6173	9	81	3,0000	185,35	2733,97	59	3481	7,6811
31,416	78,5398	10	100	3,1623	188,50	2827,43	60	3600	7,7460
34,558	95,0332	11	121	3,3166	191,64	2922,47	61	3721	7,8102
37,699	113,097	12	144	3,4641	194,78	3019,07	62	3844	7,8740
40,841	132,732	13	169	3,6056	197,92	3117,25	63	3969	7,9373
43,982	153,938	14	196	3,7417	201,06	3216,99	64	4096	8,0000
47,124	176,715	15	225	3,8730	204,20	3318,31	65	4225	8,0623
50,265	201,062	16	256	4,0000	207,35	3421,19	66	4356	8,1240
53,407	226,980	17	289	4,1231	210,49	3525,65	67	4489	8,1854
56,549	254,469	18	324	4,2426	213,63	3631,68	68	4624	8,2462
59,690	283,529	19	361	4,3589	216,77	3739,28	69	4761	8,3066
62,832	314,159	20	400	4,4721	219,91	3848,45	70	4900	8,3666
65,973	346,361	21	441	4,5826	223,05	3959,19	71	5041	8,4261
69,115	380,133	22	484	4,6904	226,19	4071,50	72	5184	8,4853
72,257	415,476	23	529	4,7958	229,34	4185,39	73	5329	8,5440
75,398	452,389	24	576	4,8990	232,48	4300,84	74	5476	8,6023
78,540	490,874	25	625	5,0000	235,62	4417,86	75	5625	8,6603
81,681	530,929	26	676	5,0990	238,76	4536,46	76	5776	8,7178
84,823	572,555	27	729	5,1962	241,90	4656,63	77	5929	8,7750
87,965	615,752	28	784	5,2915	245,04	4778,36	78	6084	8,8318
91,106	660,520	29	841	5,3852	248,19	4901,67	79	6241	8,8882
94,248	706,858	30	900	5,4772	251,33	5026,55	80	6400	8,9443
97,389	754,768	31	961	5,5678	254,47	5153,00	81	6561	9,0000
100,531	804,248	32	1024	5,6569	257,61	5281,02	82	6724	9,0554
103,673	855,299	33	1089	5,7446	260,75	5410,61	83	6889	9,1104
106,814	907,920	34	1156	5,8310	263,89	5541,77	84	7056	9,1652
109,956	962,113	35	1225	5,9161	267,04	5674,50	85	7225	9,2195
113,097	1017,88	36	1296	6,0000	270,18	5808,80	86	7396	9,2736
116,239	1075,21	37	1369	6,0828	273,32	5944,68	87	7569	9,3274
119,381	1134,11	38	1444	6,1644	276,46	6082,12	88	7744	9,3808
122,522	1194,59	39	1521	6,2450	279,60	6221,14	89	7921	9,4340
125,66	1256,64	40	1600	6,3246	282,74	6361,73	90	8100	9,4868
128,81	1320,25	41	1681	6,4031	285,88	6503,88	91	8281	9,5394
131,95	1385,44	42	1764	6,4807	289,03	6647,61	92	8464	9,5917
135,09	1452,20	43	1849	6,5574	292,17	6792,91	93	8649	9,6437
138,23	1520,53	44	1936	6,6332	295,31	6939,78	94	8836	9,6954
141,37	1590,43	45	2025	6,7082	298,45	7088,22	95	9025	9,7468
144,51	1661,90	46	2116	6,7823	301,59	7238,23	96	9216	9,7980
147,65	1734,94	47	2209	6,8557	304,73	7389,81	97	9409	9,8489
150,80	1809,56	48	2304	6,9282	307,88	7542,96	98	9604	9,8995
153,94	1885,74	49	2401	7,0000	311,02	7697,69	99	9801	9,9499
157,08	1963,50	50	2500	7,0711	314,16	7853,98	100	10000	10,0000



$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$
1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$
317,30	8011,85	101	10201	10,0499	474,38	17907,9	151	22801	12,2882
320,44	8171,28	102	10404	10,0995	477,52	18145,8	152	23104	12,3288
323,58	8332,29	103	10609	10,1489	480,66	18385,4	153	23409	12,3693
326,73	8494,87	104	10816	10,1980	483,81	18626,5	154	23716	12,4097
329,87	8659,01	105	11025	10,2470	486,95	18869,2	155	24025	12,4499
333,01	8824,73	106	11236	10,2956	490,09	19113,4	156	24336	12,4900
336,15	8992,02	107	11449	10,3441	493,23	19359,3	157	24649	12,5300
339,29	9160,88	108	11664	10,3923	496,37	19606,7	158	24964	12,5698
342,43	9331,32	109	11881	10,4403	499,51	19855,7	159	25281	12,6095
345,58	9503,32	110	12100	10,4881	502,65	20106,2	160	25600	12,6491
348,72	9676,89	111	12321	10,5357	505,80	20358,3	161	25921	12,6886
351,86	9852,03	112	12544	10,5830	508,94	20612,0	162	26244	12,7279
355,00	10028,7	113	12769	10,6301	512,08	20867,2	163	26569	12,7671
358,14	10207,0	114	12996	10,6771	515,22	21124,1	164	26896	12,8062
361,28	10386,9	115	13225	10,7238	518,36	21382,5	165	27225	12,8452
364,42	10568,3	116	13456	10,7703	521,50	21642,4	166	27556	12,8841
367,57	10751,3	117	13689	10,8167	524,65	21904,0	167	27889	12,9228
370,71	10935,9	118	13924	10,8628	527,79	22167,1	168	28224	12,9615
373,85	11122,0	119	14161	10,9087	530,93	22431,8	169	28561	13,0000
376,99	11309,7	120	14400	10,9545	534,07	22698,0	170	28900	13,0384
380,13	11499,0	121	14641	11,0000	537,21	22965,8	171	29241	13,0767
383,27	11689,9	122	14884	11,0454	540,35	23235,2	172	29584	13,1149
386,42	11882,3	123	15129	11,0905	543,50	23506,2	173	29929	13,1529
389,56	12076,3	124	15376	11,1355	546,64	23778,7	174	30276	13,1909
392,70	12271,8	125	15625	11,1803	549,78	24052,8	175	30625	13,2288
395,84	12469,0	126	15876	11,2250	552,92	24328,5	176	30976	13,2665
398,98	12667,7	127	16129	11,2694	556,06	24605,7	177	31329	13,3041
402,12	12868,0	128	16384	11,3137	559,20	24884,6	178	31684	13,3417
405,27	13069,8	129	16641	11,3578	562,35	25164,9	179	32041	13,3791
408,41	13273,2	130	16900	11,4018	565,49	25446,9	180	32400	13,4164
411,55	13478,2	131	17161	11,4455	568,63	25730,4	181	32761	13,4536
414,69	13684,8	132	17424	11,4891	571,77	26015,5	182	33124	13,4907
417,83	13892,9	133	17689	11,5326	574,91	26302,2	183	33489	13,5277
420,97	14102,6	134	17956	11,5758	578,05	26590,4	184	33856	13,5647
424,12	14313,9	135	18225	11,6190	581,19	26880,3	185	34225	13,6015
427,26	14526,7	136	18496	11,6619	584,34	27171,6	186	34596	13,6382
430,40	14741,1	137	18769	11,7047	587,48	27464,6	187	34969	13,6748
433,54	14957,1	138	19044	11,7473	590,62	27759,1	188	35344	13,7113
436,68	15174,7	139	19321	11,7898	593,76	28055,2	189	35721	13,7477
439,82	15393,8	140	19600	11,8322	596,90	28352,9	190	36100	13,7840
442,96	15614,5	141	19881	11,8743	600,04	28652,1	191	36481	13,8203
446,11	15836,8	142	20164	11,9164	603,19	28952,9	192	36864	13,8564
449,25	16060,6	143	20449	11,9583	606,33	29255,3	193	37249	13,8924
452,39	16286,0	144	20736	12,0000	609,47	29559,2	194	37636	13,9284
455,53	16513,0	145	21025	12,0416	612,61	29864,8	195	38025	13,9642
458,67	16741,5	146	21316	12,0830	615,75	30171,9	196	38416	14,0000
461,81	16971,7	147	21609	12,1244	618,89	30480,5	197	38809	14,0357
464,96	17203,4	148	21904	12,1655	622,04	30790,7	198	39204	14,0712
468,10	17436,6	149	22201	12,2066	625,18	31102,6	199	39601	14,1067
471,24	17671,5	150	22500	12,2474	628,32	31415,9	200	40000	14,1421

$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$
1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$
631,46	31730,9	201	40401	14,1774	788,54	49480,9	251	63001	15,8430
634,60	32047,4	202	40804	14,2127	791,68	49875,9	252	63504	15,8745
637,74	32365,5	203	41209	14,2478	794,82	50272,6	253	64009	15,9060
640,88	32685,1	204	41616	14,2829	797,96	50670,7	254	64516	15,9374
644,03	33006,4	205	42025	14,3178	801,11	51070,5	255	65025	15,9687
647,17	33329,2	206	42436	14,3527	804,25	51471,9	256	65536	16,0000
650,31	33653,5	207	42849	14,3875	807,39	51874,8	257	66049	16,0312
653,45	33979,5	208	43264	14,4222	810,53	52279,2	258	66564	16,0624
656,59	34307,0	209	43681	14,4568	813,67	52685,3	259	67081	16,0935
659,73	34636,1	210	44100	14,4914	816,81	53092,9	260	67600	16,1245
662,88	34966,7	211	44521	14,5258	819,96	53502,1	261	68121	16,1555
666,02	35298,9	212	44944	14,5602	823,10	53912,9	262	68644	16,1864
669,16	35632,7	213	45369	14,5945	826,24	54325,2	263	69169	16,2173
672,30	35968,1	214	45796	14,6287	829,38	54739,1	264	69696	16,2481
675,44	36305,0	215	46225	14,6629	832,52	55154,6	265	70225	16,2788
678,58	36643,5	216	46656	14,6969	835,66	55571,6	266	70756	16,3095
681,73	36983,6	217	47089	14,7309	838,81	55990,2	267	71289	16,3401
684,87	37325,3	218	47524	14,7648	841,95	56410,4	268	71824	16,3707
688,01	37668,5	219	47961	14,7986	845,09	56832,2	269	72361	16,4012
691,15	38013,3	220	48400	14,8324	848,23	57255,5	270	72900	16,4317
694,29	38359,6	221	48841	14,8661	851,37	57680,4	271	73441	16,4621
697,43	38707,6	222	49284	14,8997	854,51	58106,9	272	73984	16,4924
700,58	39057,1	223	49729	14,9332	857,65	58534,9	273	74529	16,5227
703,72	39408,1	224	50176	14,9666	860,80	58964,6	274	75076	16,5529
706,86	39760,8	225	50625	15,0000	863,94	59395,7	275	75625	16,5831
710,00	40115,0	226	51076	15,0333	867,08	59828,5	276	76176	16,6132
713,14	40470,8	227	51529	15,0665	870,22	60262,8	277	76729	16,6433
716,28	40828,1	228	51984	15,0997	873,36	60698,7	278	77284	16,6733
719,42	41187,1	229	52441	15,1327	876,50	61136,2	279	77841	16,7033
722,57	41547,6	230	52900	15,1658	879,65	61575,2	280	78400	16,7332
725,71	41909,6	231	53361	15,1987	882,79	62015,8	281	78961	16,7631
728,85	42273,3	232	53824	15,2315	885,93	62458,0	282	79524	16,7929
731,99	42638,5	233	54289	15,2643	889,07	62901,8	283	80089	16,8226
735,13	43005,3	234	54756	15,2971	892,21	63347,1	284	80656	16,8523
738,27	43373,6	235	55225	15,3297	895,35	63794,0	285	81225	16,8819
741,42	43743,5	236	55696	15,3623	898,50	64242,4	286	81796	16,9115
744,56	44115,0	237	56169	15,3948	901,64	64692,5	287	82369	16,9411
747,70	44488,1	238	56644	15,4272	904,78	65144,1	288	82944	16,9706
750,84	44862,7	239	57121	15,4596	907,92	65597,2	289	83521	17,0000
753,98	45238,9	240	57600	15,4919	911,06	66052,0	290	84100	17,0294
757,12	45616,7	241	58081	15,5242	914,20	66508,3	291	84681	17,0587
760,27	45996,1	242	58564	15,5563	917,35	66966,2	292	85264	17,0880
763,41	46377,0	243	59049	15,5885	920,49	67425,6	293	85849	17,1172
766,55	46759,5	244	59536	15,6205	923,63	67886,7	294	86436	17,1464
769,69	47143,5	245	60025	15,6525	926,77	68349,3	295	87025	17,1756
772,83	47529,2	246	60516	15,6844	929,91	68813,4	296	87616	17,2047
775,97	47916,4	247	61009	15,7162	933,05	69279,2	297	88209	17,2337
779,11	48305,1	248	61504	15,7480	936,19	69746,5	298	88804	17,2627
782,26	48695,5	249	62001	15,7797	939,34	70215,4	299	89401	17,2916
785,40	49087,4	250	62500	15,8114	942,48	70685,8	300	90000	17,3205



$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$
1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$
945,62	71157,9	301	90601	17,3494	1102,7	96761,8	351	123201	18,7350
948,76	71631,5	302	91204	17,3781	1105,8	97314,0	352	123904	18,7617
951,90	72106,6	303	91809	17,4069	1109,0	97867,7	353	124609	18,7883
955,04	72583,4	304	92416	17,4356	1112,1	98423,0	354	125316	18,8149
958,19	73061,7	305	93025	17,4642	1115,3	98979,8	355	126025	18,8414
961,33	73541,5	306	93636	17,4929	1118,4	99538,2	356	126736	18,8680
964,47	74023,0	307	94249	17,5214	1121,5	100098	357	127449	18,8944
967,61	74506,0	308	94864	17,5499	1124,7	100660	358	128164	18,9209
970,75	74990,6	309	95481	17,5784	1127,8	101223	359	128881	18,9473
973,89	75476,8	310	96100	17,6068	1131,0	101788	360	129600	18,9737
977,04	75964,5	311	96721	17,6352	1134,1	102354	361	130321	19,0000
980,18	76453,8	312	97344	17,6635	1137,3	102922	362	131044	19,0263
983,32	76944,7	313	97969	17,6918	1140,4	103491	363	131769	19,0526
986,46	77437,1	314	98596	17,7200	1143,5	104062	364	132496	19,0788
989,60	77931,1	315	99225	17,7482	1146,7	104635	365	133225	19,1050
992,74	78426,7	316	99856	17,7764	1149,8	105209	366	133956	19,1311
995,88	78923,9	317	100489	17,8045	1153,0	105785	367	134689	19,1572
999,03	79422,6	318	101124	17,8326	1156,1	106362	368	135424	19,1833
1002,2	79922,9	319	101761	17,8606	1159,2	106941	369	136161	19,2094
1005,3	80424,8	320	102400	17,8885	1162,4	107521	370	136900	19,2354
1008,5	80928,2	321	103041	17,9165	1165,5	108103	371	137641	19,2614
1011,6	81433,2	322	103684	17,9444	1168,7	108687	372	138384	19,2873
1014,7	81939,8	323	104329	17,9722	1171,8	109272	373	139129	19,3132
1017,9	82448,0	324	104976	18,0000	1175,0	109858	374	139876	19,3391
1021,0	82957,7	325	105625	18,0278	1178,1	110447	375	140625	19,3649
1024,2	83469,0	326	106276	18,0555	1181,2	111036	376	141376	19,3907
1027,3	83981,8	327	106929	18,0831	1184,4	111628	377	142129	19,4165
1030,4	84496,3	328	107584	18,1108	1187,5	112221	378	142884	19,4422
1033,6	85012,3	329	108241	18,1384	1190,7	112815	379	143641	19,4679
1036,7	85529,9	330	108900	18,1659	1193,8	113411	380	144400	19,4936
1039,9	86049,0	331	109561	18,1934	1196,9	114009	381	145161	19,5192
1043,0	86569,7	332	110224	18,2209	1200,1	114608	382	145924	19,5448
1046,2	87092,0	333	110889	18,2483	1203,2	115209	383	146689	19,5704
1049,3	87615,9	334	111556	18,2757	1206,4	115812	384	147456	19,5959
1052,4	88141,3	335	112225	18,3030	1209,5	116416	385	148225	19,6214
1055,6	88668,3	336	112896	18,3303	1212,7	117021	386	148996	19,6469
1058,7	89196,9	337	113569	18,3576	1215,8	117628	387	149769	19,6723
1061,9	89727,0	338	114244	18,3848	1218,9	118237	388	150544	19,6977
1065,0	90258,7	339	114921	18,4120	1222,1	118847	389	151321	19,7231
1068,1	90792,0	340	115600	18,4391	1225,2	119459	390	152100	19,7484
1071,3	91326,9	341	116281	18,4662	1228,4	120072	391	152881	19,7737
1074,4	91863,3	342	116964	18,4932	1231,5	120687	392	153664	19,7990
1077,6	92401,3	343	117649	18,5203	1234,6	121304	393	154449	19,8242
1080,7	92940,9	344	118336	18,5472	1237,8	121922	394	155236	19,8494
1083,8	93482,0	345	119025	18,5742	1240,9	122542	395	156025	19,8746
1087,0	94024,7	346	119716	18,6011	1244,1	123163	396	156816	19,8997
1090,1	94569,0	347	120409	18,6279	1247,2	123786	397	157609	19,9249
1093,3	95114,9	348	121104	18,6548	1250,4	124410	398	158404	19,9499
1096,4	95662,3	349	121801	18,6815	1253,5	125036	399	159201	19,9750
1099,6	96211,3	350	122500	18,7083	1256,6	125664	400	160000	20,0000

U = π d	A = $\frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	U = π d	A = $\frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$
1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$
1259,8	126293	401	160801	20,0250	1416,9	159751	451	203401	21,2368
1262,9	126923	402	161604	20,0499	1420,0	160460	452	204304	21,2603
1266,1	127556	403	162409	20,0749	1423,1	161171	453	205209	21,2838
1269,2	128190	404	163216	20,0998	1426,3	161883	454	206116	21,3073
1272,3	128825	405	164025	20,1246	1429,4	162597	455	207025	21,3307
1275,5	129462	406	164836	20,1494	1432,6	163313	456	207936	21,3542
1278,6	130100	407	165649	20,1742	1435,7	164030	457	208849	21,3776
1281,8	130741	408	166464	20,1990	1438,8	164748	458	209764	21,4009
1284,9	131382	409	167281	20,2237	1442,0	165468	459	210681	21,4243
1288,1	132025	410	168100	20,2485	1445,1	166190	460	211600	21,4476
1291,2	132670	411	168921	20,2731	1448,3	166914	461	212521	21,4709
1294,3	133317	412	169744	20,2978	1451,4	167639	462	213444	21,4942
1297,5	133965	413	170569	20,3224	1454,6	168365	463	214369	21,5174
1300,6	134614	414	171396	20,3470	1457,7	169093	464	215296	21,5407
1303,8	135265	415	172225	20,3715	1460,8	169823	465	216225	21,5639
1306,9	135918	416	173056	20,3961	1464,0	170554	466	217156	21,5870
1310,0	136572	417	173889	20,4206	1467,1	171287	467	218089	21,6102
1313,2	137228	418	174724	20,4450	1470,3	172021	468	219024	21,6333
1316,3	137885	419	175561	20,4695	1473,4	172757	469	219961	21,6564
1319,5	138544	420	176400	20,4939	1476,5	173494	470	220900	21,6795
1322,6	139205	421	177241	20,5183	1479,7	174234	471	221841	21,7025
1325,8	139867	422	178084	20,5426	1482,8	174974	472	222784	21,7256
1328,9	140531	423	178929	20,5670	1486,0	175716	473	223729	21,7486
1332,0	141196	424	179776	20,5913	1489,1	176460	474	224676	21,7715
1335,2	141863	425	180625	20,6155	1492,3	177205	475	225625	21,7945
1338,3	142531	426	181476	20,6398	1495,4	177952	476	226576	21,8174
1341,5	143201	427	182329	20,6640	1498,5	178701	477	227529	21,8403
1344,6	143872	428	183184	20,6882	1501,7	179451	478	228484	21,8632
1347,7	144545	429	184041	20,7123	1504,8	180203	479	229441	21,8861
1350,9	145220	430	184900	20,7364	1508,0	180956	480	230400	21,9089
1354,0	145896	431	185761	20,7605	1511,1	181711	481	231361	21,9317
1357,2	146574	432	186624	20,7846	1514,2	182467	482	232324	21,9545
1360,3	147254	433	187489	20,8087	1517,4	183225	483	233289	21,9773
1363,5	147934	434	188356	20,8327	1520,5	183984	484	234256	22,0000
1366,6	148617	435	189225	20,8567	1523,7	184745	485	235225	22,0227
1369,7	149301	436	190096	20,8806	1526,8	185508	486	236196	22,0454
1372,9	149987	437	190969	20,9045	1530,0	186272	487	237169	22,0681
1376,0	150674	438	191844	20,9284	1533,1	187038	488	238144	22,0907
1379,2	151363	439	192721	20,9523	1536,2	187805	489	239121	22,1133
1382,3	152053	440	193600	20,9762	1539,4	188574	490	240100	22,1359
1385,4	152745	441	194481	21,0000	1542,5	189345	491	241081	22,1585
1388,6	153439	442	195364	21,0238	1545,7	190117	492	242064	22,1811
1391,7	154134	443	196249	21,0476	1548,8	190890	493	243049	22,2036
1394,9	154830	444	197136	21,0713	1551,9	191665	494	244036	22,2261
1398,0	155528	445	198025	21,0950	1555,1	192442	495	245025	22,2486
1401,2	156228	446	198916	21,1187	1558,2	193221	496	246016	22,2711
1404,3	156930	447	199809	21,1424	1561,4	194000	497	247009	22,2935
1407,4	157633	448	200704	21,1660	1564,5	194782	498	248004	22,3159
1410,6	158337	449	201601	21,1896	1567,7	195565	499	249001	22,3383
1413,7	159043	450	202500	21,2132	1570,8	196350	500	250000	22,3607



$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$
1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$
1573,9	197136	501	251001	22,3830	1731,0	238448	551	303601	23,4734
1577,1	197923	502	252004	22,4054	1734,2	239314	552	304704	23,4947
1580,2	198713	503	253009	22,4277	1737,3	240182	553	305809	23,5160
1583,4	199504	504	254016	22,4499	1740,4	241051	554	306916	23,5372
1586,5	200296	505	255025	22,4722	1743,6	241922	555	308025	23,5584
1589,6	201090	506	256036	22,4944	1746,7	242795	556	309136	23,5797
1592,8	201886	507	257049	22,5167	1749,9	243669	557	310249	23,6008
1595,9	202683	508	258064	22,5389	1753,0	244545	558	311364	23,6220
1599,1	203482	509	259081	22,5610	1756,2	245422	559	312481	23,6432
1602,2	204282	510	260100	22,5832	1759,3	246301	560	313600	23,6643
1605,4	205084	511	261121	22,6053	1762,4	247181	561	314721	23,6854
1608,5	205887	512	262144	22,6274	1765,6	248063	562	315844	23,7065
1611,6	206692	513	263169	22,6495	1768,7	248947	563	316969	23,7276
1614,8	207499	514	264196	22,6716	1771,9	249832	564	318096	23,7487
1617,9	208307	515	265225	22,6936	1775,0	250719	565	319225	23,7697
1621,1	209117	516	266256	22,7156	1778,1	251607	566	320356	23,7908
1624,2	209928	517	267289	22,7376	1781,3	252497	567	321489	23,8118
1627,3	210741	518	268324	22,7596	1784,4	253388	568	322624	23,8328
1630,5	211556	519	269361	22,7816	1787,6	254281	569	323761	23,8537
1633,6	212372	520	270400	22,8035	1790,7	255176	570	324900	23,8747
1636,8	213189	521	271441	22,8254	1793,8	256072	571	326041	23,8956
1639,9	214008	522	272484	22,8473	1797,0	256970	572	327184	23,9165
1643,1	214829	523	273529	22,8692	1800,1	257869	573	328329	23,9374
1646,2	215651	524	274576	22,8910	1803,3	258770	574	329476	23,9583
1649,3	216475	525	275625	22,9129	1806,4	259672	575	330625	23,9792
1652,5	217301	526	276676	22,9347	1809,6	260576	576	331776	24,0000
1655,6	218128	527	277729	22,9565	1812,7	261482	577	332929	24,0208
1658,8	218956	528	278784	22,9783	1815,8	262389	578	334084	24,0416
1661,9	219787	529	279841	23,0000	1819,0	263298	579	335241	24,0624
1665,0	220618	530	280900	23,0217	1822,1	264208	580	336400	24,0832
1668,2	221452	531	281961	23,0434	1825,3	265120	581	337561	24,1039
1671,3	222287	532	283024	23,0651	1828,4	266033	582	338724	24,1247
1674,5	223123	533	284089	23,0868	1831,6	266948	583	339889	24,1454
1677,6	223961	534	285156	23,1084	1834,7	267865	584	341056	24,1661
1680,8	224801	535	286225	23,1301	1837,8	268783	585	342225	24,1868
1683,9	225642	536	287296	23,1517	1841,0	269703	586	343396	24,2074
1687,0	226484	537	288369	23,1733	1844,1	270624	587	344569	24,2281
1690,2	227329	538	289444	23,1948	1847,3	271547	588	345744	24,2487
1693,3	228175	539	290521	23,2164	1850,4	272471	589	346921	24,2693
1696,5	229022	540	291600	23,2379	1853,5	273397	590	348100	24,2899
1699,6	229871	541	292681	23,2594	1856,7	274325	591	349281	24,3105
1702,7	230722	542	293764	23,2809	1859,8	275254	592	350464	24,3311
1705,9	231574	543	294849	23,3024	1863,0	276184	593	351649	24,3516
1709,0	232428	544	295936	23,3238	1866,1	277117	594	352836	24,3721
1712,2	233283	545	297025	23,3452	1869,2	278051	595	354025	24,3926
1715,3	234140	546	298116	23,3666	1872,4	278986	596	355216	24,4131
1718,5	234998	547	299209	23,3880	1875,5	279923	597	356409	24,4336
1721,6	235858	548	300304	23,4094	1878,7	280862	598	357604	24,4540
1724,7	236720	549	301401	23,4307	1881,8	281802	599	358801	24,4745
1727,9	237583	550	302500	23,4521	1885,0	282743	600	360000	24,4949

$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$
1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$
1888,1	283687	601	361201	24,5153	2045,2	332853	651	423801	25,5147
1891,2	284631	602	362404	24,5357	2048,3	333876	652	425104	25,5343
1894,4	285578	603	363609	24,5561	2051,5	334901	653	426409	25,5539
1897,5	286526	604	364816	24,5764	2054,6	335927	654	427716	25,5734
1900,7	287475	605	366025	24,5967	2057,7	336955	655	429025	25,5930
1903,8	288426	606	367236	24,6171	2060,9	337985	656	430336	25,6125
1906,9	289379	607	368449	24,6374	2064,0	339016	657	431649	25,6320
1910,1	290333	608	369664	24,6577	2067,2	340049	658	432964	25,6515
1913,2	291289	609	370881	24,6779	2070,3	341084	659	434281	25,6710
1916,4	292247	610	372100	24,6982	2073,5	342119	660	435600	25,6905
1919,5	293206	611	373321	24,7184	2076,6	343157	661	436921	25,7099
1922,7	294166	612	374544	24,7386	2079,7	344196	662	438244	25,7294
1925,8	295128	613	375769	24,7588	2082,9	345237	663	439569	25,7488
1928,9	296092	614	376996	24,7790	2086,0	346279	664	440896	25,7682
1932,1	297057	615	378225	24,7992	2089,2	347323	665	442225	25,7876
1935,2	298024	616	379456	24,8193	2092,3	348368	666	443556	25,8070
1938,4	298992	617	380689	26,8395	2095,4	349415	667	444889	25,8263
1941,5	299962	618	381924	24,8596	2098,6	350464	668	446224	25,8457
1944,6	300934	619	383161	24,8797	2101,7	351514	669	447561	25,8650
1947,8	301907	620	384400	24,8998	2104,9	352565	670	448900	25,8844
1950,9	302882	621	385641	24,9199	2108,0	353618	671	450241	25,9037
1954,1	303858	622	386884	24,9399	2111,2	354673	672	451584	25,9230
1957,2	304836	623	388129	24,9600	2114,3	355730	673	452929	25,9422
1960,4	305815	624	389376	24,9800	2117,4	356788	674	454276	25,9615
1963,5	306796	625	390625	25,0000	2120,6	357847	675	455625	25,9808
1966,6	307779	626	391876	25,0200	2123,7	358908	676	456976	26,0000
1969,8	308763	627	393129	25,0400	2126,9	359971	677	458329	26,0192
1972,9	309748	628	394384	25,0599	2130,0	361035	678	459684	26,0384
1976,1	310736	629	395641	25,0799	2133,1	362101	679	461041	26,0576
1979,2	311725	630	396900	25,0998	2136,3	363168	680	462400	26,0768
1982,3	312715	631	398161	25,1197	2139,4	364237	681	463761	26,0960
1985,5	313707	632	399424	25,1396	2142,6	365308	682	465124	26,1151
1988,6	314700	633	400689	25,1595	2145,7	366380	683	466489	26,1343
1991,8	315696	634	401956	25,1794	2148,8	367453	684	467856	26,1534
1994,9	316692	635	403225	25,1992	2152,0	368528	685	469225	26,1725
1998,1	317690	636	404496	25,2190	2155,1	369605	686	470596	26,1916
2001,2	318690	637	405769	25,2389	2158,3	370684	687	471969	26,2107
2004,3	319692	638	407044	25,2587	2161,4	371764	688	473344	26,2298
2007,5	320695	639	408321	25,2784	2164,6	372845	689	474721	26,2488
2010,6	321699	640	409600	25,2982	2167,7	373928	690	476100	26,2679
2013,8	322705	641	410881	25,3180	2170,8	375013	691	477481	26,2869
2016,9	323713	642	412164	25,3377	2174,0	376099	692	478864	26,3059
2020,0	324722	643	413449	25,3574	2177,1	377187	693	480249	26,3249
2023,2	325733	644	414736	25,3772	2180,3	378276	694	481636	26,3439
2026,3	326745	645	416025	25,3969	2183,4	379367	695	483025	26,3629
2029,5	327759	646	417316	25,4165	2186,5	380459	696	484416	26,3818
2032,6	328775	647	418609	25,4362	2189,7	381553	697	485809	26,4008
2035,8	329792	648	419904	25,4558	2192,8	382649	698	487204	26,4197
2038,9	330810	649	421201	25,4755	2196,0	383746	699	488601	26,4386
2042,0	331831	650	422500	25,4951	2199,1	384845	700	490000	26,4575



U = πd	A = $\frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	U = πd	A = $\frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$
1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$
2202,3	385945	701	491401	26,4764	2359,3	442965	751	564001	27,4044
2205,4	387047	702	492804	26,4953	2362,5	444146	752	565504	27,4226
2208,5	388151	703	494209	26,5141	2365,6	445328	753	567009	27,4408
2211,7	389256	704	495616	26,5330	2368,8	446511	754	568516	27,4591
2214,8	390363	705	497025	26,5518	2371,9	447697	755	570025	27,4773
2218,0	391471	706	498436	26,5707	2375,0	448883	756	571536	27,4955
2221,1	392580	707	499849	26,5895	2378,2	450072	757	573049	27,5136
2224,2	393692	708	501264	26,6083	2381,3	451262	758	574564	27,5318
2227,4	394805	709	502681	26,6271	2384,5	452453	759	576081	27,5500
2230,5	395919	710	504100	26,6458	2387,6	453646	760	577600	27,5681
2233,7	397035	711	505521	26,6646	2390,8	454841	761	579121	27,5862
2236,8	398153	712	506944	26,6833	2393,9	456037	762	580644	27,6043
2240,0	399272	713	508369	26,7021	2397,0	457234	763	582169	27,6225
2243,1	400393	714	509796	26,7208	2400,2	458434	764	583696	27,6405
2246,2	401515	715	511225	26,7395	2403,3	459635	765	585225	27,6586
2249,4	402639	716	512656	26,7582	2406,5	460837	766	586756	27,6767
2252,5	403765	717	514089	26,7769	2409,6	462041	767	588289	27,6948
2255,7	404892	718	515524	26,7955	2412,7	463247	768	589824	27,7128
2258,8	406020	719	516961	26,8142	2415,9	464454	769	591361	27,7308
2261,9	407150	720	518400	26,8328	2419,0	465663	770	592900	27,7489
2265,1	408282	721	519841	26,8514	2422,2	466873	771	594441	27,7669
2268,2	409415	722	521284	26,8701	2425,3	468085	772	595984	27,7849
2271,4	410550	723	522729	26,8887	2428,5	469298	773	597529	27,8029
2274,5	411687	724	524176	26,9072	2431,6	470513	774	599076	27,8209
2277,7	412825	725	525625	26,9258	2434,7	471730	775	600625	27,8388
2280,8	413965	726	527076	26,9444	2437,9	472948	776	602176	27,8568
2283,9	415106	727	528529	26,9629	2441,0	474168	777	603729	27,8747
2287,1	416248	728	529984	26,9815	2444,2	475389	778	605284	27,8927
2290,2	417393	729	531441	27,0000	2447,3	476612	779	606841	27,9106
2293,4	418539	730	532900	27,0185	2450,4	477836	780	608400	27,9285
2296,5	419686	731	534361	27,0370	2453,6	479062	781	609961	27,9464
2299,6	420835	732	535824	27,0555	2456,7	480290	782	611524	27,9643
2302,8	421986	733	537289	27,0740	2459,9	481519	783	613089	27,9821
2305,9	423138	734	538756	27,0924	2463,0	482750	784	614656	28,0000
2309,1	424293	735	540225	27,1109	2466,2	483982	785	616225	28,0179
2312,2	425447	736	541696	27,1293	2469,3	485216	786	617796	28,0357
2315,4	426604	737	543169	27,1477	2472,4	486451	787	619369	28,0535
2318,5	427762	738	544644	27,1662	2475,6	487688	788	620944	28,0713
2321,6	428922	739	546121	27,1846	2478,7	488927	789	622521	28,0891
2324,8	430084	740	547600	27,2029	2481,9	490167	790	624100	28,1069
2327,9	431247	741	549081	27,2213	2485,0	491409	791	625681	28,1247
2331,1	432412	742	550564	27,2397	2488,1	492652	792	627264	28,1425
2334,2	433587	743	552049	27,2580	2491,3	493897	793	628849	28,1603
2337,3	434746	744	553536	27,2764	2494,4	495143	794	630436	28,1780
2340,5	435916	745	555025	27,2947	2497,6	496391	795	632025	28,1957
2343,6	437087	746	556516	27,3130	2500,7	497641	796	633616	28,2135
2346,8	438259	747	558009	27,3313	2503,8	498892	797	635209	28,2312
2349,9	439433	748	559504	27,3496	2507,0	500145	798	636804	28,2489
2353,1	440609	749	561001	27,3679	2510,1	501399	799	638401	28,2666
2356,2	441786	750	562500	27,3861	2513,3	502655	800	640000	28,2843

U = π d	A = $\frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	U = π d	A = $\frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$
1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$
2516,4	503912	801	641601	28,3019	2673,5	568786	851	724201	29,1719
2519,6	505171	802	643204	28,3196	2676,6	570124	852	725904	29,1890
2522,7	506432	803	644809	28,3373	2679,8	571463	853	727609	29,2062
2525,8	507694	804	646416	28,3549	2682,9	572803	854	729316	29,2233
2529,0	508958	805	648025	28,3725	2686,1	574146	855	731025	29,2404
2532,1	510223	806	649636	28,3901	2689,2	575490	856	732736	29,2575
2535,3	511490	807	651249	28,4077	2692,3	576835	857	734449	29,2746
2538,4	512758	808	652864	28,4253	2695,5	578182	858	736164	29,2916
2541,5	514028	809	654481	28,4429	2698,6	579530	859	737881	29,3087
2544,7	515300	810	656100	28,4605	2701,8	580880	860	739600	29,3258
2547,8	516573	811	657721	28,4781	2704,9	582232	861	741321	29,3428
2551,0	517848	812	659344	28,4956	2708,1	583585	862	743044	29,3598
2554,1	519124	813	660969	28,5132	2711,2	584940	863	744769	29,3769
2557,3	520402	814	662596	28,5307	2714,3	586297	864	746496	29,3939
2560,4	521681	815	664225	28,5482	2717,5	587655	865	748225	29,4109
2563,5	522962	816	665856	28,5657	2720,6	589014	866	749956	29,4279
2566,7	524245	817	667489	28,5832	2723,8	590375	867	751689	29,4449
2569,8	525529	818	669124	28,6007	2726,9	591738	868	753424	29,4618
2573,0	526814	819	670761	28,6182	2730,0	593102	869	755161	29,4788
2576,1	528102	820	672400	28,6356	2733,2	594468	870	756900	29,4958
2579,2	529391	821	674041	28,6531	2736,3	595835	871	758641	29,5127
2582,4	530681	822	675684	28,6705	2739,5	597204	872	760384	29,5296
2585,5	531973	823	677329	28,6880	2742,6	598575	873	762129	29,5466
2588,7	533267	824	678976	28,7054	2745,8	599947	874	763876	29,5635
2591,8	534562	825	680625	28,7228	2748,9	601320	875	765625	29,5804
2595,0	535858	826	682276	28,7402	2752,0	602696	876	767376	29,5973
2598,1	537157	827	683929	28,7576	2755,2	604073	877	769129	29,6142
2601,2	538456	828	685584	28,7750	2758,3	605451	878	770884	29,6311
2604,4	539758	829	687241	28,7924	2761,5	606831	879	772641	29,6479
2607,5	541061	830	688900	28,8097	2764,6	608212	880	774400	29,6648
2610,7	542365	831	690561	28,8271	2767,7	609595	881	776161	29,6816
2613,8	543671	832	692224	28,8444	2770,9	610980	882	777924	29,6985
2616,9	544979	833	693889	28,8617	2774,0	612366	883	779689	29,7153
2620,1	546288	834	695556	28,8791	2777,2	613754	884	781456	29,7321
2623,2	547599	835	697225	28,8964	2780,3	615143	885	783225	29,7489
2626,4	548912	836	698896	28,9137	2783,5	616534	886	784996	29,7658
2629,5	550226	837	700569	28,9310	2786,6	617927	887	786769	29,7825
2632,7	551541	838	702244	28,9482	2789,7	619321	888	788544	29,7993
2635,8	552858	839	703921	28,9655	2792,9	620717	889	790321	29,8161
2638,9	554177	840	705600	28,9828	2796,0	622114	890	792100	29,8329
2642,1	555497	841	707281	29,0000	2799,2	623513	891	793881	29,8496
2645,2	556819	842	708964	29,0172	2802,3	624913	892	795664	29,8664
2648,4	558142	843	710649	29,0345	2805,4	626315	893	797449	29,8831
2651,5	559467	844	712336	29,0517	2808,6	627718	894	799236	29,8998
2654,6	560794	845	714025	29,0689	2811,7	629124	895	801025	29,9166
2657,8	562122	846	715716	29,0861	2814,9	630530	896	802816	29,9333
2660,9	563452	847	717409	29,1033	2818,0	631938	897	804609	29,9500
2664,1	564783	848	719104	29,1204	2821,2	633348	898	806404	29,9666
2667,2	566116	849	720801	29,1376	2824,3	634760	899	808201	29,9833
2670,4	567450	850	722500	29,1548	2827,4	636173	900	810000	30,0000



$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$	$U = \pi d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	العدد d أو n	n^2	$\sqrt{n}$
1	2	1	2	$\frac{1}{2}$	1	2	1	2	$\frac{1}{2}$
2830,6	637587	901	811801	30,0167	2987,7	710315	951	904401	30,8383
2833,7	639003	902	813604	30,0333	2990,8	711809	952	906304	30,8545
2836,9	640421	903	815409	30,0500	2993,9	713306	953	908209	30,8707
2840,0	641840	904	817216	30,0666	2997,1	714803	954	910116	30,8869
2843,1	643261	905	819025	30,0832	3000,2	716303	955	912025	30,9031
2846,3	644683	906	820836	30,0998	3003,4	717804	956	913936	30,9192
2849,4	646107	907	822649	30,1164	3006,5	719306	957	915849	30,9354
2852,6	647533	908	824464	30,1330	3009,6	720810	958	917764	30,9516
2855,7	648960	909	826281	30,1496	3012,8	722316	959	919681	30,9677
2858,8	650388	910	828100	30,1662	3015,9	723823	960	921600	30,9839
2862,0	651818	911	829921	30,1828	3019,1	725332	961	923521	31,0000
2865,1	653250	912	831744	30,1993	3022,2	726842	962	925444	31,0161
2868,3	654684	913	833569	30,2159	3025,4	728354	963	927369	31,0322
2871,4	656118	914	835396	30,2324	3028,5	729867	964	929296	31,0483
2874,6	657555	915	837225	30,2490	3031,6	731382	965	931225	31,0644
2877,7	658993	916	839056	30,2655	3034,8	732899	966	933156	31,0805
2880,8	660433	917	840889	30,2820	3037,9	734417	967	935089	31,0966
2884,0	661874	918	842724	30,2985	3041,1	735937	968	937024	31,1127
2887,1	663317	919	844561	30,3150	3044,2	737458	969	938961	31,1288
2890,3	664761	920	846400	30,3315	3047,3	738981	970	940900	31,1448
2893,4	666207	921	848241	30,3480	3050,5	740506	971	942841	31,1609
2896,5	667654	922	850084	30,3645	3053,6	742032	972	944784	31,1769
2899,7	669103	923	851929	30,3809	3056,8	743559	973	946729	31,1929
2902,8	670554	924	853776	30,3974	3059,9	745088	974	948676	31,2090
2906,0	672006	925	855625	30,4138	3063,1	746619	975	950625	31,2250
2909,1	673460	926	857476	30,4302	3066,2	748151	976	952576	31,2410
2912,3	674915	927	859329	30,4467	3069,3	749685	977	954529	31,2570
2915,4	676372	928	861184	30,4631	3072,5	751221	978	956484	31,2730
2918,5	677831	929	863041	30,4795	3075,6	752758	979	958441	31,2890
2921,7	679291	930	864900	30,4959	3078,8	754296	980	960400	31,3050
2924,8	680752	931	866761	30,5123	3081,9	755837	981	962361	31,3209
2928,0	682216	932	868624	30,5287	3085,0	757378	982	964324	31,3369
2931,1	683680	933	870489	30,5450	3088,2	758922	983	966289	31,3528
2934,2	685147	934	872356	30,5614	3091,3	760466	984	968256	31,3688
2937,4	686615	935	874225	30,5778	3094,5	762013	985	970225	31,3847
2940,5	688084	936	876096	30,5941	3097,6	763561	986	972196	31,4006
2943,7	689555	937	877969	30,6105	3100,8	765111	987	974169	31,4166
2946,8	691028	938	879844	30,6268	3103,9	766662	988	976144	31,4325
2950,0	692502	939	881721	30,6431	3107,0	768214	989	978121	31,4484
2953,1	693978	940	883600	30,6594	3110,2	769769	990	980100	31,4643
2956,2	695455	941	885481	30,6757	3113,3	771325	991	982081	31,4802
2959,4	696934	942	887364	30,6920	3116,5	772882	992	984064	31,4960
2962,5	698415	943	889249	30,7083	3119,6	774441	993	986049	31,5119
2965,7	699897	944	891136	30,7246	3122,7	776002	994	988036	31,5278
2968,8	701380	945	893025	30,7409	3125,9	777564	995	990025	31,5436
2971,9	702865	946	894916	30,7571	3129,0	779128	996	992016	31,5595
2975,1	704352	947	896809	30,7734	3132,2	780693	997	994009	31,5753
2978,2	705840	948	898704	30,7896	3135,3	782260	998	996004	31,5911
2981,4	707330	949	900601	30,8058	3138,5	783828	999	998001	31,6070
2984,5	708822	950	902500	30,8221	3141,6	785398	1000	1000000	31,6228

الدوال الزاوية

جيب الزاوية من 0° إلى 45°

درجة	0′	10′	20′	30′	40′	50′		
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0436	0,0465	0,0494	0,0523	87
3	0,0523	0,0552	0,0581	0,0610	0,0640	0,0669	0,0698	86
4	0,0698	0,0727	0,0756	0,0785	0,0814	0,0843	0,0872	85
5	0,0872	0,0901	0,0929	0,0958	0,0987	0,1016	0,1045	84
6	0,1045	0,1074	0,1103	0,1132	0,1161	0,1190	0,1219	83
7	0,1219	0,1248	0,1276	0,1305	0,1334	0,1363	0,1392	82
8	0,1392	0,1421	0,1449	0,1478	0,1507	0,1536	0,1564	81
9	0,1564	0,1593	0,1622	0,1650	0,1679	0,1708	0,1736	80
10	0,1736	0,1765	0,1794	0,1822	0,1851	0,1880	0,1908	79
11	0,1908	0,1937	0,1965	0,1994	0,2022	0,2051	0,2079	78
12	0,2079	0,2108	0,2136	0,2164	0,2193	0,2221	0,2250	77
13	0,2250	0,2278	0,2306	0,2334	0,2363	0,2391	0,2419	76
14	0,2419	0,2447	0,2476	0,2504	0,2532	0,2560	0,2588	75
15	0,2588	0,2616	0,2644	0,2672	0,2700	0,2728	0,2756	74
16	0,2756	0,2784	0,2812	0,2840	0,2868	0,2896	0,2924	73
17	0,2924	0,2952	0,2979	0,3007	0,3035	0,3062	0,3090	72
18	0,3090	0,3118	0,3145	0,3173	0,3201	0,3228	0,3256	71
19	0,3256	0,3283	0,3311	0,3338	0,3365	0,3393	0,3420	70
20	0,3420	0,3448	0,3475	0,3502	0,3529	0,3557	0,3584	69
21	0,3584	0,3611	0,3638	0,3665	0,3692	0,3719	0,3746	68
22	0,3746	0,3773	0,3800	0,3827	0,3854	0,3881	0,3907	67
23	0,3907	0,3934	0,3961	0,3987	0,4014	0,4041	0,4067	66
24	0,4067	0,4094	0,4120	0,4147	0,4173	0,4200	0,4226	65
25	0,4226	0,4253	0,4279	0,4305	0,4331	0,4358	0,4384	64
26	0,4384	0,4410	0,4436	0,4462	0,4488	0,4514	0,4540	63
27	0,4540	0,4566	0,4592	0,4617	0,4643	0,4669	0,4695	62
28	0,4695	0,4720	0,4746	0,4772	0,4797	0,4823	0,4848	61
29	0,4848	0,4874	0,4899	0,4924	0,4950	0,4975	0,5000	60
30	0,5000	0,5025	0,5050	0,5075	0,5100	0,5125	0,5150	59
31	0,5150	0,5175	0,5200	0,5225	0,5250	0,5275	0,5299	58
32	0,5299	0,5324	0,5348	0,5373	0,5398	0,5422	0,5446	57
33	0,5446	0,5471	0,5495	0,5519	0,5544	0,5568	0,5592	56
34	0,5592	0,5616	0,5640	0,5664	0,5688	0,5712	0,5736	55
35	0,5736	0,5760	0,5783	0,5807	0,5831	0,5854	0,5878	54
36	0,5878	0,5901	0,5925	0,5948	0,5972	0,5995	0,6018	53
37	0,6018	0,6041	0,6065	0,6088	0,6111	0,6134	0,6157	52
38	0,6157	0,6180	0,6202	0,6225	0,6248	0,6271	0,6293	51
39	0,6293	0,6316	0,6338	0,6361	0,6383	0,6406	0,6428	50
40	0,6428	0,6450	0,6472	0,6494	0,6517	0,6539	0,6561	49
41	0,6561	0,6583	0,6604	0,6626	0,6648	0,6670	0,6691	48
42	0,6691	0,6713	0,6734	0,6756	0,6777	0,6799	0,6820	47
43	0,6820	0,6841	0,6862	0,6884	0,6905	0,6926	0,6947	46
44	0,6947	0,6967	0,6988	0,7009	0,7030	0,7050	0,7071	45
		50′	40′	30′	20′	10′	0′	درجة

(الدقيقة في أعلى الجدول وأسفله: دقيقة)

جيب تمام الزاوية (جتا) من 45° إلى 90°

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

$$a = \sin \alpha \cdot c$$

$$c = \frac{a}{\sin \alpha}$$

جيب الزاوية (جا) = المقابل / الوتر

مثال :

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{20}{36,1} = 0,554$$

$$\alpha = 33°40'$$

$$b = \cos \alpha \cdot c$$

$$c = \frac{b}{\cos \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

التسميات في المثلث قائم الزاوية :

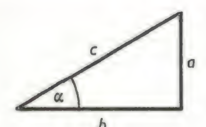
a و b : ضلعا القائمة (اللذان يكونان الزاوية القائمة) .

a : الضلع المقابل للزاوية α

b : الضلع المجاور للزاوية α

c : الوتر ، وهو الضلع المقابل للزاوية القائمة وفي نفس الوقت أكبر الأضلاع في المثلث

مثال : أنظر أعلاه إلى اليمين





جيب الزاوية (جا) من 45° إلى 90°

درجة	0′	10′	20′	30′	40′	50′		
45	0,7071	0,7092	0,7112	0,7133	0,7153	0,7173	0,7193	44
46	0,7193	0,7214	0,7234	0,7254	0,7274	0,7294	0,7314	43
47	0,7314	0,7333	0,7353	0,7373	0,7392	0,7412	0,7431	42
48	0,7431	0,7451	0,7470	0,7490	0,7509	0,7528	0,7547	41
49	0,7547	0,7566	0,7585	0,7604	0,7623	0,7642	0,7660	40
50	0,7660	0,7679	0,7698	0,7716	0,7735	0,7753	0,7771	39
51	0,7771	0,7790	0,7808	0,7826	0,7844	0,7862	0,7880	38
52	0,7880	0,7898	0,7916	0,7934	0,7951	0,7969	0,7986	37
53	0,7986	0,8004	0,8021	0,8039	0,8056	0,8073	0,8090	36
54	0,8090	0,8107	0,8124	0,8141	0,8158	0,8175	0,8192	35
55	0,8192	0,8208	0,8225	0,8241	0,8258	0,8274	0,8290	34
56	0,8290	0,8307	0,8323	0,8339	0,8355	0,8371	0,8387	33
57	0,8387	0,8403	0,8418	0,8434	0,8450	0,8465	0,8480	32
58	0,8480	0,8496	0,8511	0,8526	0,8542	0,8557	0,8572	31
59	0,8572	0,8587	0,8601	0,8616	0,8631	0,8646	0,8660	30
60	0,8660	0,8675	0,8689	0,8704	0,8718	0,8732	0,8746	29
61	0,8746	0,8760	0,8774	0,8788	0,8802	0,8816	0,8829	28
62	0,8829	0,8843	0,8857	0,8870	0,8884	0,8897	0,8910	27
63	0,8910	0,8923	0,8936	0,8949	0,8962	0,8975	0,8988	26
64	0,8988	0,9001	0,9013	0,9026	0,9038	0,9051	0,9063	25
65	0,9063	0,9075	0,9088	0,9100	0,9112	0,9124	0,9135	24
66	0,9135	0,9147	0,9159	0,9171	0,9182	0,9194	0,9205	23
67	0,9205	0,9216	0,9228	0,9239	0,9250	0,9261	0,9272	22
68	0,9272	0,9283	0,9293	0,9304	0,9315	0,9325	0,9336	21
69	0,9336	0,9346	0,9356	0,9367	0,9377	0,9387	0,9397	20
70	0,9397	0,9407	0,9417	0,9426	0,9436	0,9446	0,9455	19
71	0,9455	0,9465	0,9474	0,9483	0,9492	0,9502	0,9511	18
72	0,9511	0,9520	0,9528	0,9537	0,9546	0,9555	0,9563	17
73	0,9563	0,9572	0,9580	0,9588	0,9596	0,9605	0,9613	16
74	0,9613	0,9621	0,9628	0,9636	0,9644	0,9652	0,9659	15
75	0,9659	0,9667	0,9674	0,9681	0,9689	0,9696	0,9703	14
76	0,9703	0,9710	0,9717	0,9724	0,9730	0,9737	0,9744	13
77	0,9744	0,9750	0,9757	0,9763	0,9769	0,9775	0,9781	12
78	0,9781	0,9787	0,9793	0,9799	0,9805	0,9811	0,9816	11
79	0,9816	0,9822	0,9827	0,9833	0,9838	0,9843	0,9848	10
80	0,9848	0,9853	0,9858	0,9863	0,9868	0,9872	0,9877	9
81	0,9877	0,9881	0,9886	0,9890	0,9894	0,9899	0,9903	8
82	0,9903	0,9907	0,9911	0,9914	0,9918	0,9922	0,9925	7
83	0,9925	0,9929	0,9932	0,9936	0,9939	0,9942	0,9945	6
84	0,9945	0,9948	0,9951	0,9954	0,9957	0,9959	0,9962	5
85	0,9962	0,9964	0,9967	0,9969	0,9971	0,9974	0,9976	4
86	0,9976	0,9978	0,9980	0,9981	0,9983	0,9985	0,9986	3
87	0,9986	0,9988	0,9989	0,9990	0,9992	0,9993	0,9994	2
88	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9997	0,9998	0,99985	1
89	0,99985	0,99989	0,99993	0,99996	0,99998	0,99999	1,0000	0
		50′	40′	30′	20′	10′	0′	درجة
	دقيقة							

جيب تمام الزاوية (جتا) من 0° إلى 45°



$\sin\alpha = \frac{a}{c}$

$a = \sin\alpha \cdot c$

$c = \frac{a}{\sin\alpha}$

جيب التمام = المجاور / الوتر

مثال :

$\cos\alpha = \frac{b}{c} = \frac{30}{36,1}$

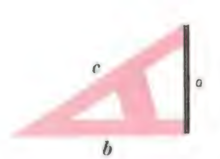
$= 0,833$

$\alpha = 33°40'$

$b = \cos\alpha \cdot c$

$c = \frac{b}{\cos\alpha}$

$\cos\alpha = \frac{b}{c}$



حساب قيم الزوايا التي
تقع بين قيمتين الفرق بينهما 10′

مثال : $\sin\alpha = ?$ $\alpha = 27°14'$

من الجدول (ص ٥٦) { $\sin 27°20' = 0,4592$ ، $\sin 27°10' = 0,4566$

الفرق لمقدار 10′ = 0,0026

الفرق لمقدار 1′ = 0,00026

$4' = 0,0010 +$

$\sin 27°10' = 0,4566$

$\sin 27°14' = 0,4576$

مثال : $\cos\alpha = ?$ $\alpha = 27°14'$

من الجدول { $\cos 27°10' = 0,8897$ ، $\cos 27°20' = 0,8884$

الفرق لمقدار 10′ = 0,0013

الفرق لمقدار 1′ = 0,00013

$4' = 0,0005 -$

$\cos 27°10' = 0,8897$

$\cos 27°14' = 0,8892$

ظل الزاوية (ظا) من °0 إلى °45

درجة	دقيقة 0′	10′	20′	30′	40′	50′		
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0437	0,0466	0,0495	0,0524	87
3	0,0524	0,0553	0,0582	0,0612	0,0641	0,0670	0,0699	86
4	0,0699	0,0729	0,0758	0,0787	0,0816	0,0846	0,0875	85
5	0,0875	0,0904	0,0934	0,0963	0,0992	0,1022	0,1051	84
6	0,1051	0,1080	0,1110	0,1139	0,1169	0,1198	0,1228	83
7	0,1228	0,1257	0,1287	0,1317	0,1346	0,1376	0,1405	82
8	0,1405	0,1435	0,1465	0,1495	0,1524	0,1554	0,1584	81
9	0,1584	0,1614	0,1644	0,1673	0,1703	0,1733	0,1763	80
10	0,1763	0,1793	0,1823	0,1853	0,1883	0,1914	0,1944	79
11	0,1944	0,1974	0,2004	0,2035	0,2065	0,2095	0,2126	78
12	0,2126	0,2156	0,2186	0,2217	0,2247	0,2278	0,2309	77
13	0,2309	0,2339	0,2370	0,2401	0,2432	0,2462	0,2493	76
14	0,2493	0,2524	0,2555	0,2586	0,2617	0,2648	0,2679	75
15	0,2679	0,2711	0,2742	0,2773	0,2805	0,2836	0,2867	74
16	0,2867	0,2899	0,2931	0,2962	0,2994	0,3026	0,3057	73
17	0,3057	0,3089	0,3121	0,3153	0,3185	0,3217	0,3249	72
18	0,3249	0,3281	0,3314	0,3346	0,3378	0,3411	0,3443	71
19	0,3443	0,3476	0,3508	0,3541	0,3574	0,3607	0,3640	70
20	0,3640	0,3673	0,3706	0,3739	0,3772	0,3805	0,3839	69
21	0,3839	0,3872	0,3906	0,3939	0,3973	0,4006	0,4040	68
22	0,4040	0,4074	0,4108	0,4142	0,4176	0,4210	0,4245	67
23	0,4245	0,4279	0,4314	0,4348	0,4383	0,4417	0,4452	66
24	0,4452	0,4487	0,4522	0,4557	0,4592	0,4628	0,4663	65
25	0,4663	0,4699	0,4734	0,4770	0,4806	0,4841	0,4877	64
26	0,4877	0,4913	0,4950	0,4986	0,5022	0,5059	0,5095	63
27	0,5095	0,5132	0,5169	0,5206	0,5243	0,5280	0,5317	62
28	0,5317	0,5354	0,5392	0,5430	0,5467	0,5505	0,5543	61
29	0,5543	0,5581	0,5619	0,5658	0,5696	0,5735	0,5774	60
30	0,5774	0,5812	0,5851	0,5890	0,5930	0,5969	0,6009	59
31	0,6009	0,6048	0,6088	0,6128	0,6168	0,6208	0,6249	58
32	0,6249	0,6289	0,6330	0,6371	0,6412	0,6453	0,6494	57
33	0,6494	0,6536	0,6577	0,6619	0,6661	0,6703	0,6745	56
34	0,6745	0,6787	0,6830	0,6873	0,6916	0,6959	0,7002	55
35	0,7002	0,7046	0,7089	0,7133	0,7177	0,7221	0,7265	54
36	0,7265	0,7310	0,7355	0,7400	0,7445	0,7490	0,7536	53
37	0,7536	0,7581	0,7627	0,7673	0,7720	0,7766	0,7813	52
38	0,7813	0,7860	0,7907	0,7954	0,8002	0,8050	0,8098	51
39	0,8098	0,8146	0,8195	0,8243	0,8292	0,8342	0,8391	50
40	0,8391	0,8441	0,8491	0,8541	0,8591	0,8642	0,8693	49
41	0,8693	0,8744	0,8796	0,8847	0,8899	0,8952	0,9004	48
42	0,9004	0,9057	0,9110	0,9163	0,9217	0,9271	0,9325	47
43	0,9325	0,9380	0,9435	0,9490	0,9545	0,9601	0,9657	46
44	0,9657	0,9713	0,9770	0,9827	0,9884	0,9942	1,0000	45
		50′	40′	30′	20′	10′	0′ دقيقة	درجة

ظل تمام الزاوية (ظتا) من °45 إلى °90

$\cot\alpha = \frac{b}{a}$

$a = \tan\alpha \cdot b$

$b = \frac{a}{\tan\alpha}$

ظل الزاوية = $\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

مثال :

$\tan\alpha = \frac{a}{b} = \frac{20}{30}$

$= 0{,}666$

$\alpha = 33°40'$

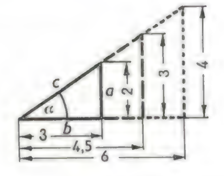
$b = \cot\alpha \cdot a$

$a = \frac{b}{\cot\alpha}$

$\cot\alpha = \frac{b}{a}$

يمكن قياس الزاوية في المثلث قائم الزاوية بدلالة النسبة بين ضلعين فيه ($\frac{a}{c}$ أو $\frac{b}{c}$ أو $\frac{a}{b}$ أو $\frac{b}{a}$) وبالنسبة لزاوية معينة تبقى النسبة بين ضلعيها دائما ثابتة بغض النظر عن طولي الضلعين.

مثال : $\frac{a}{b} = \frac{2}{3} = \frac{3}{4{,}5} = \frac{4}{6} = 0{,}666 \triangleq 33°40'$



التسميات أنظر ص ٥٦



ظل الزاوية (ظا) من 0° إلى 45°

درجة	0′	10′	20′	30′	40′	50′		
	دقيقة							
45	1,0000	1,0058	1,0117	1,0176	1,0235	1,0295	1,0355	44
46	1,0355	1,0416	1,0477	1,0538	1,0599	1,0661	1,0724	43
47	1,0724	1,0786	1,0850	1,0913	1,0977	1,1041	1,1106	42
48	1,1106	1,1171	1,1237	1,1303	1,1369	1,1436	1,1504	41
49	1,1504	1,1571	1,1640	1,1708	1,1778	1,1847	1,1918	40
50	1,1918	1,1988	1,2059	1,2131	1,2203	1,2276	1,2349	39
51	1,2349	1,2423	1,2497	1,2572	1,2647	1,2723	1,2799	38
52	1,2799	1,2876	1,2954	1,3032	1,3111	1,3190	1,3270	37
53	1,3270	1,3351	1,3432	1,3514	1,3597	1,3680	1,3764	36
54	1,3764	1,3848	1,3934	1,4019	1,4106	1,4193	1,4281	35
55	1,4281	1,4370	1,4460	1,4550	1,4641	1,4733	1,4826	34
56	1,4826	1,4919	1,5013	1,5108	1,5204	1,5301	1,5399	33
57	1,5399	1,5497	1,5597	1,5697	1,5798	1,5900	1,6003	32
58	1,6003	1,6107	1,6213	1,6318	1,6426	1,6534	1,6643	31
59	1,6643	1,6753	1,6864	1,6977	1,7090	1,7205	1,7321	30
60	1,7321	1,7438	1,7556	1,7675	1,7796	1,7917	1,8041	29
61	1,8041	1,8165	1,8291	1,8418	1,8546	1,8676	1,8807	28
62	1,8807	1,8940	1,9074	1,9210	1,9347	1,9486	1,9626	27
63	1,9626	1,9768	1,9912	2,0057	2,0204	2,0353	2,0503	26
64	2,0503	2,0655	2,0809	2,0965	2,1123	2,1283	2,1445	25
65	2,1445	2,1609	2,1775	2,1943	2,2113	2,2286	2,2460	24
66	2,2460	2,2637	2,2817	2,2998	2,3183	2,3369	2,3558	23
67	2,3559	2,3750	2,3945	2,4142	2,4342	2,4545	2,4751	22
68	2,4751	2,4960	2,5172	2,5387	2,5605	2,5826	2,6051	21
69	2,6051	2,6279	2,6511	2,6746	2,6985	2,7228	2,7475	20
70	2,7475	2,7725	2,7980	2,8239	2,8502	2,8770	2,9042	19
71	2,9042	2,9319	2,9600	2,9887	3,0178	3,0475	3,0777	18
72	3,0777	3,1084	3,1397	3,1716	3,2041	3,2371	3,2709	17
73	3,2709	3,3052	3,3402	3,3759	3,4124	3,4495	3,4874	16
74	3,4874	3,5261	3,5656	3,6059	3,6470	3,6891	3,7321	15
75	3,7321	3,7760	3,8208	3,8667	3,9136	3,9617	4,0108	14
76	4,0108	4,0611	4,1126	4,1653	4,2193	4,2747	4,3315	13
77	4,3315	4,3897	4,4494	4,5107	4,5736	4,6383	4,7046	12
78	4,7046	4,7729	4,8430	4,9152	4,9894	5,0658	5,1446	11
79	5,1446	5,2257	5,3093	5,3955	5,4845	5,5764	5,6713	10
80	5,6713	5,7694	5,8708	5,9758	6,0844	6,1970	6,3138	9
81	6,3138	6,4348	6,5605	6,6912	6,8269	6,9682	7,1154	8
82	7,1154	7,2687	7,4287	7,5958	7,7704	7,9530	8,1444	7
83	8,1444	8,3450	8,5556	8,7769	9,0098	9,2553	9,5144	6
84	9,5144	9,7882	10,0780	10,3854	10,7119	11,0594	11,4301	5
85	11,4301	11,8262	12,2505	12,7062	13,1969	13,7267	14,3007	4
86	14,3007	14,9244	15,6048	16,3499	17,1693	18,0750	19,0811	3
87	19,0811	20,2056	21,4704	22,9038	24,5418	26,4316	28,6363	2
88	28,6363	31,2416	34,3678	38,1885	42,9641	49,1039	57,2900	1
89	57,2900	68,7501	85,9398	114,5887	171,885	343,774	∞	0
		50′	40′	30′	20′	10′	0′	درجة
	دقيقة							

ظل تمام الزاوية (ظتا) من 0° إلى 45°

$\tan \alpha = \frac{a}{b}$

$a = \tan \alpha \cdot b$

$b = \frac{a}{\tan \alpha}$

ظل تمام الزاوية (ظتا)

$= \frac{\text{المجاور}}{\text{المقابل}}$

مثال :

$\cot \alpha = \frac{b}{a} = \frac{30}{20}$

$= 1{,}500$

$\alpha = 33°40'$

$b = \cot \alpha \cdot a$

$a = \frac{b}{\cot \alpha}$

$\cot \alpha = \frac{b}{a}$

حساب قيم الزوايا التي تقع بين قيمتين الفرق بينهما 10′ :

مثال : $\alpha = ?$ $0{,}5147 = \tan \alpha$ الفرق :

من الجدول $0{,}5169 = \tan 27°20'$ 0,0015

$0{,}5132 = \tan 27°10'$

0,0037 الفرق لمقدار = 10′ $+0{,}0015 = \frac{15 \cdot 10'}{37} = 4'$

0,0001 الفرق لمقدار = $\frac{10'}{37}$

$0{,}5132 = \tan 27°10'$

$0{,}5147 = \tan 27°14'$

مثال : $\alpha = ?$ $1{,}9430 = \cot \alpha$ الفرق :

من الجدول $1{,}9486 = \cot 27°10'$ 0,0056

$1{,}9347 = \cot 27°20'$

0,0139 الفرق لمقدار = 10′ $-0{,}0056 = \frac{56 \cdot 10'}{139} = 4'$

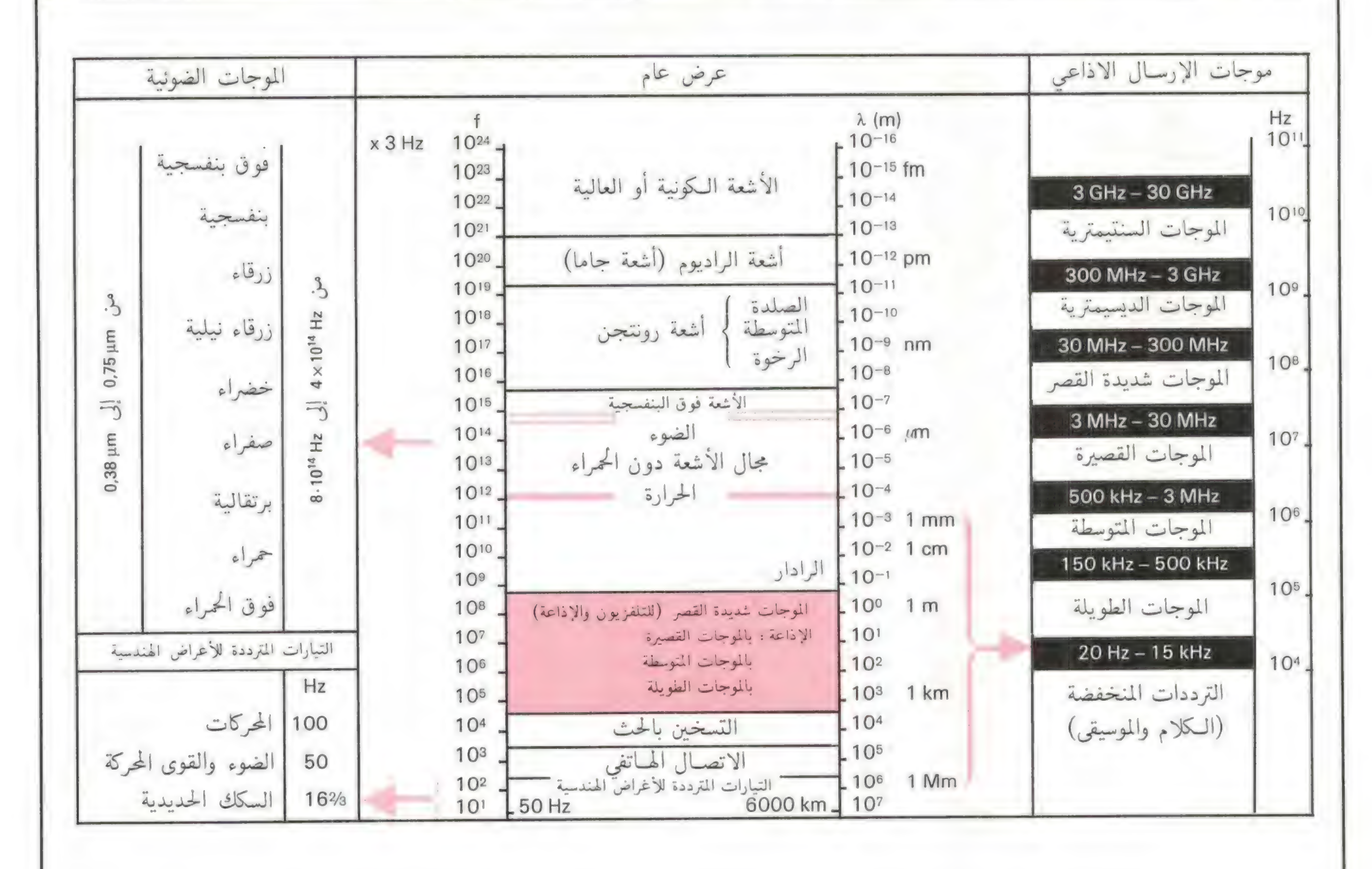
0,0001 الفرق لمقدار = $\frac{10'}{139}$

$1{,}9486 = \cot 27°10'$

$1{,}9430 = \cot 27°14'$

التردد وطول الموجة

المجال الطيفي للذبذبات الكهرمغنطيسية



التحويل من طول الموجة إلى التردد

$$\lambda = \frac{300\,000\,000}{f}\,(m)$$

$$f = \frac{300\,000\,000}{\lambda}\,(Hz)$$

طول الموجة λ (m)

f (التردد) Hz

التردد الإسمي

طبقا للمواصفات DIN 40005

الإمداد بالطاقة	الاستخدامات في الصناعة المجموعة I	الاستخدامات في الصناعة المجموعة II
16²/₃	50	60
25	100	120
50	150	180
60	200	240
	250	360
	300	540
	400	¹)720
	500	1080
	¹)600	1440
	¹)750	2160
	1000	¹)2880
	¹)1500	¹)3420
	2000	4200
	¹)3000	
	4000	
	10000	

١) يفضل تجنب استخدام هذه القيم بقدر الإمكان



قـواعد الحسـاب

الحسـاب بأعداد صحيحة

الجمع	الطرح	الضرب	القسمة
352 مضـاف	352 المطروح منه	15 معامل	375 المقسوم
+ 43 مضـاف	− 43 المطروح	. 14 معامل	÷25 المقسوم عليه
395 المجموع	309 باقي الطرح	=210 حاصل الضرب	=15 خارج القسمة

الحسـاب بالـكسور

بالـكسور الإعتيادية	بالـكسور العشرية

التحويل

تحويل كسر اعتيادي إلى كسر عشري	تحويل كسر عشري إلى كسر اعتيادي
$\frac{3}{4}=3\div4=0{,}75$	$0{,}4=\frac{4}{10}=\frac{2}{5}$
$2\frac{1}{4}=2+(1\div4)=2+0{,}25=2{,}25$	$1{,}2=\frac{12}{10}=\frac{6}{5}=1\frac{1}{5}$

الجمع والطرح

الجمع

توحد المقامات ثم تجمع أو تطرح البسوط

$\frac{3}{4}+\frac{2}{5}=\frac{15}{20}+\frac{8}{20}=\frac{23}{20}=1\frac{3}{20}$

$\frac{4}{5}-\frac{1}{3}=\frac{12}{15}-\frac{5}{15}=\frac{7}{15}$

$4-\frac{2}{7}=3\frac{7}{7}-\frac{2}{7}=3\frac{5}{7}$

+ −

الطرح

ترتب الأعداد بحيث تقع الفاصلات العشرية تحت بعضها

$$\begin{array}{r}12{,}45\\-3{,}755\\\hline 8{,}695\end{array}\qquad\begin{array}{r}12{,}45\\+3{,}755\\\hline 16{,}205\end{array}$$

$$\frac{3}{4}-0{,}4=0{,}75\quad\begin{array}{r}-0{,}4\\\hline 0{,}35\end{array}\qquad\frac{3}{4}+0{,}4=0{,}75\quad\begin{array}{r}+0{,}4\\\hline 1{,}15\end{array}$$

الضرب

×

يضرب البسط في البسط والمقام في المقام

$6\cdot\frac{1}{5}=\frac{6\cdot1}{5}=\frac{6}{5}=1\frac{1}{5}$

$\frac{3}{4}\cdot\frac{2}{5}=\frac{3\cdot2}{4\cdot5}=\frac{3}{10}$

١) تضرب الأعداد في بعضها بصرف النظر عن موضع الفاصلة العشرية في كل منها.

٢) تحرك الفاصلة العشرية في النتيجة إلى اليسـار، بعدد الخانات العشرية التي تتضمنها الأعداد المضروبة مجتمعة والموجودة على يمين فاصلاتها العشرية.

١) $102\cdot34=3468$ $\quad 1{,}02\cdot3{,}4=3{,}468$

٢) $=3{,}468$ $\quad 2+1=3$

القسمة

÷

يقلب المقسوم عليه ثم تضرب الـكسور (أنظر ما سبق)

$\frac{1}{6}\div\frac{2}{5}=\frac{1}{6}\cdot\frac{5}{2}=\frac{5}{12}$

$\frac{1}{6}\div5=\frac{1}{6}\div\frac{5}{1}=\frac{1}{6}\cdot\frac{1}{5}=\frac{1}{30}$

يحول المقسوم عليه إلى عدد صحيح.

$0{,}4\div0{,}25=40\div25=1{,}6$

$0{,}063\div3=0{,}021$

$42\div0{,}07=4200\div7=600$

حسـاب النسبة المئوية (%)

النسبة المئوية: 1% هو أسلوب آخر للتعبير عن $\frac{1}{100}$ أو 0,01

%

القيمة المئوية = $\frac{\text{القيمة الأسـاسية} \times \text{النسبة المئوية}}{100}$

القيمة الأسـاسية: 220، النسبة المئوية $3\frac{1}{2}$ أي $3\frac{1}{2}$%

القيمة المئوية $\frac{220\cdot3{,}5}{100}=7{,}7$

القيمة الأسـاسية = $\frac{\text{القيمة المئوية} \times 100}{\text{النسبة المئوية}}$

القيمة المئوية: 11، النسبة المئوية 5 أي 5%

القيمة الأسـاسية $\frac{11\cdot100}{5}=220$

النسبة المئوية = $\frac{\text{القيمة المئوية} \times 100}{\text{القيمة الأسـاسية}}$

القيمة المئوية: 2,75، القيمة الأسـاسية: 110

النسبة المئوية (%) $\frac{2{,}75\cdot100}{110}=2{,}5 \triangleq 2{,}5\%$

النسب المئوية فوق 100%	100+ النسبة المئوية
مقدار القيمة الأساسية هو : 100% + النسبة المئوية القيمة المئوية = $\frac{\text{القيمة الأساسية} \times \text{النسبة المئوية}}{100 + \text{النسبة المئوية}}$	**مثال :** القيمة الأساسية تناظر : $100\% + 15\% = 115\%$ القيمة الأساسية : 250 والنسبة المئوية 15 فتكون القيمة المئوية : $\frac{250 \cdot 15}{115} = 32{,}60$

النسب المئوية تحت 100%	النسبة المئوية مطروحة من 100
مقدار القيمة الأساسية هو : النسبة المئوية مطروحة من 100% القيمة المئوية = $\frac{\text{القيمة الأساسية} \times \text{النسبة المئوية}}{100 - \text{النسبة المئوية}}$	**مثال :** القيمة الأساسية تناظر : $100\% - 20\% = 80\%$ القيمة الأساسية : 64 والنسبة المئوية 20 ، فتكون القيمة المئوية : $16 = \frac{64 \cdot 20}{80}$

حساب الفائدة %

	أمثلة	
الفائدة = $\frac{\text{رأس المال} \times \text{سعر الفائدة} \times \text{الزمن}}{100}$	رأس المال : 5500 SR سعر الفائدة : 3% الزمن : $2\frac{1}{2}$ عام	الفوائد : $412{,}50 = \frac{5500 \cdot 3 \cdot 5}{100 \cdot 2}$
رأس المال = $\frac{\text{الفوائد} \times 100}{\text{الزمن} \times \text{سعر الفائدة}}$	سعر الفائدة : 4% الزمن : 72 يوماً الفوائد : 22,40 SR	رأس المال : $2800 = \frac{22{,}40 \cdot 360 \cdot 100}{72 \cdot 4}$
سعر الفائدة = $\frac{\text{الفوائد} \times 100}{\text{رأس المال} \times \text{الزمن}}$	رأس المال : 2400 SR الفوائد : 30 SR الزمن : 3 أشهر	سعر الفائدة : $5\% \mathrel{\hat{=}} 5 = \frac{30 \cdot 100 \cdot 12}{2400 \cdot 3}$
الزمن = $\frac{\text{الفوائد} \times 100}{\text{رأس المال} \times \text{سعر الفائدة}}$	رأس المال : 2500 SR الفوائد 300 SR سعر الفائدة : 4 %	الزمن : $3 = \frac{300 \cdot 100}{2500 \cdot 4}$

الزمن : 1 سنة = 360 يوماً ، 1 شهر = 30 يوماً

الحساب بالأسس العشرية (قوى العشرة)

التحويل

الأس العشري يساوي عدد أصفار العدد

$100000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^5$

1 2 3 4 5

5 أصفار

$\frac{1}{100000} = \frac{1}{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10} = \frac{1}{10^5}$

$360000 = 36 \cdot 10000 = 36 \cdot 10^4$; $\frac{1}{360000} = \frac{1}{36 \cdot 10000} = \frac{1}{36 \cdot 10^4}$; $\frac{48}{12000} = \frac{48}{12 \cdot 10^3} = \frac{4}{10^3}$

يجب تغيير إشارة الأس العشري عند نقله من البسط إلى المقام والعكس

$\frac{1}{10^4} = 10^{-4}$; $10^4 = \frac{1}{10^{-4}}$; $5 \cdot 10^{-3} = \frac{5}{10^3}$; $\frac{5{,}4}{10^{-6}} = 5{,}4 \cdot 10^6 = 54 \cdot 10^5$

بادئات لتسمية مضاعفات أو أجزاء من وحدات القياس

DIN 1301

مضاعف الوحدة ← الوحدة 1 → جزء الوحدة

الرمز	البادئة	القيمة	
da	ديكا	10	$= 10$
h	هكتو	100	$= 10^2$
k	كيلو	1000	$= 10^3$
M	ميجا	1000 000	$= 10^6$
G	جيجا	1000 000 000	$= 10^9$
T	تيرا	1000 000 000 000	$= 10^{12}$

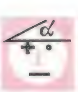
مثال :

$5\,kV = 5\,000\,V = 5 \cdot 10^3\,V$

$1{,}6\,M\Omega = 1600\,000\,\Omega = 16 \cdot 10^5\,\Omega$

$0{,}4\,G\Omega = 400\,000\,000\,\Omega = 4 \cdot 10^8\,\Omega$

الرمز	البادئة	القيمة	
d	ديسي	$\frac{1}{10}$	$= 10^{-1}$
c	سنتي	$\frac{1}{100}$	$= 10^{-2}$
m	ملّي	$\frac{1}{1000}$	$= 10^{-3}$
µ	ميكرو	$\frac{1}{1000\,000}$	$= 10^{-6}$
n	نانو	$\frac{1}{1000\,000\,000}$	$= 10^{-9}$
p	بيكو	$\frac{1}{1000\,000\,000\,000}$	$= 10^{-12}$
f	فمتو	$\frac{1}{1000\,000\,000\,000\,000}$	$= 10^{-15}$
a	أتو	$\frac{1}{1000\,000\,000\,000\,000\,000}$	$= 10^{-18}$



الضرب

في حالة الضرب تجمع الأسس :

$10^5 \cdot 10^4 = 10^{5+4} = 10^9$

$3 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^4 = 3 \cdot 2 \cdot 10^{5+4} = 6 \cdot 10^9$

✖

$10^5 \cdot 10^{-4} = 10^{5+(-4)} = 10^1 = 10$

$3 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 3 \cdot 2 \cdot 10^{5+(-4)} = 6 \cdot 10^1 = 60$

القسمة

في حالة القسمة تطرح الأسس :

$\frac{10^5}{10^4} = (10^5 \div 10^4) = 10^{5-4} = 10^1 = 10$

$\frac{10^5}{10^{-4}} = 10^{5-(-4)} = 10^9$

$\frac{10^{-5}}{10^4} = \frac{1}{10^{4+5}} = \frac{1}{10^9} = 10^{-9}$

÷

$\frac{3 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^4} = \frac{3}{2} \cdot 10^{5-4} = \frac{3}{2} \cdot 10$

$\frac{3 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^{-4}} = \frac{3}{2} \cdot 10^{5-(-4)} = \frac{3}{2} \cdot 10^9$

$\frac{3 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^4} = \frac{3}{2 \cdot 10^{4+5}} = \frac{3}{2 \cdot 10^9}$

الأسس

في حالة رفع الأسس تضرب الأسس :

$(10^5)^2 = 10^{5 \cdot 2} = 10^{10}$

$4 \cdot (10^5)^2 = 4 \cdot 10^{5 \cdot 2} = 4 \cdot 10^{10}$

$(a^x)^x$

$(4 \cdot 10^5)^2 = 4^2 \cdot 10^{5 \cdot 2} = 16 \cdot 10^{10}$

$(4^5 \cdot 10^5)^2 = 4^{10} \cdot 10^{10} = (4 \cdot 10)^{10}$

إستخراج الجذور

في حالة استخراج الجذر تقسم الأسس :

$\sqrt{10^4} = 10^2$

$\sqrt{10^5} = 10^2\sqrt{10} = 10^2 \cdot 3,16$

$\sqrt{3 \cdot 10^4} = 10^2\sqrt{3} = 10^2 \cdot 1,73$

$\sqrt{40000} = \sqrt{4 \cdot 10^4} = 2 \cdot 10^2$

$\sqrt{\ }$

$\sqrt{\frac{1}{10^4}} = \frac{1}{10^2} = 10^{-2}$

$\sqrt{\frac{1}{10^5}} = \frac{1}{10^2} \quad \cdot \quad \sqrt{\frac{1}{10}} = \frac{1}{10^2 \cdot 3,16}$

$\sqrt{0,000004} = \sqrt{4 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^{-3} = \frac{2}{10^3}$

نظام الأعداد الثنائية

يمكن إستنتاج أي عدد في نظام الأعداد الثنائية من الرقم 2 مرفوعا إلى أس . ويستخدم هنا الرقمان 0 و 1 اللذان تتكون منهما الأعداد الثنائية .

أمثلة :

$5 = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$ (عدد عشري)
$= 4 + 0 + 1$ (بثلاثة حدود)
$\triangleq 1 \quad 0 \quad 1$ | 101

$12 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$
$= 8 + 4 + 0 + 0$
$\triangleq 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0$ | 1100

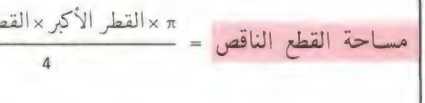
$39 = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$
$= 32 + 0 + 0 + 4 + 2 + 1$
$\triangleq 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 1$ | 100111

عدد عشري	عدد ثنائي	عدد الحدود	عدد عشري	عدد الحدود
0	0	1	من . . .	
1	1		إلى . . .	
2	10	2	16...	5
3	11		31	
4	100	3	32...	6
5	101		63	
6	110		64...	7
7	111		127	
8	1000	4	128...	8
9	1001		255	
10	1010		256...	9
11	1011		511	
12	1100		512...	10
13	1101		1023	
14	1110			
15	1111			

حساب المساحات

شكل المقطع المستعرض S	الصيغة	قد يستخدم الحرف الأبجدي S بدلا من الحرف الأبجدي A لمساحة المقطع المستعرض	شكل القطاع A
	$A = l \cdot b$ $S = l \cdot b$ $s = \sqrt{A}$	**مساحات المقاطع** (كالألواح مثلا) : الطول × العرض مساحة مقاطع القضبان : العرض × السُمك **طول ضلع المربع :** هو الجذر التربيعي لمساحة المربع **مثال :** لوح من الفولاذ St 34 ، طوله 800 وعرضه 250 . أوجد مساحته . **الحل :** $A = 0{,}8\ m \cdot 0{,}25\ m = 0{,}2\ m^2$	
	$A = \frac{l \cdot h}{2}$ $S = \frac{l \cdot h}{2}$	**مساحة المثلث :** $\frac{\text{طول القاعدة} \times \text{الارتفاع}}{2}$ **مثال :** لوح من الألومنيوم ، طوله 50 وارتفاعه 30 . أوجد مساحته **الحل :** $A = \frac{50\ mm \cdot 30\ mm}{2} = 750\ mm^2$	
	$A = l_m \cdot h$ $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$ $S = l_m \cdot h$	**مساحة شبه المنحرف :** طول الضلع المتوسط (متوسط طول القاعدتين) × الارتفاع **طول الضلع المتوسط :** $\frac{\text{طول القاعدة الكبرى} + \text{طول القاعدة الصغرى}}{2}$ **مثال :** لوح من الزنك ، طول قاعدته الكبرى $l_1 = 400\ mm$ وطول قاعدته الصغرى $l_2 = 300\ mm$ وارتفاعه $h = 250\ mm$ أوجد مساحته . **الحل :** $l_m = \frac{0{,}4\ m + 0{,}3\ m}{2} = 0{,}35\ m$ $A = 0{,}35\ m \cdot 0{,}25\ m = 0{,}0875\ m^2$	
	$A = 1{,}5 \cdot s \cdot SW$ $A = 0{,}75 \cdot e \cdot SW$ $S = 1{,}5 \cdot s \cdot SW$ $S = 0{,}75 \cdot e \cdot SW$	**مساحة المسدس** طول الضلع × إتساع فتحة المفتاح × 1,5 ، أو البعد بين الأركان × إتساع فتحة المفتاح × 0,75 **مثال :** فولاذ ذو مقطع سداسي ، البعد بين أركانه e = 47,3 mm وإتساع فتحة المفتاح له SW = 41 mm . أوجد مساحته . **الحل :** $S = 0{,}75 \cdot 47{,}3\ mm \cdot 41\ mm = 1454\ mm^2$	
	$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ $U = \pi \cdot d$ $S = 0{,}785\ d^2$ $d = 1{,}13 \sqrt{S}$	**مساحة الدائرة :** (مساحة مقطع السلك) $\frac{\pi \times \text{القطر} \times \text{القطر}}{4}$ **محيط الدائرة :** π × القطر **مثال (١) :** سلك من النحاس قطره 3 mm أوجد مساحة مقطعه . **الحل :** $S = \frac{3{,}14 \cdot 3\ mm \cdot 3\ mm}{4} = 7{,}07\ mm^2$ **مثال (٢) :** سلك من النحاس مساحة مقطعه 16 mm² . أوجد قطره . $d = 1{,}13 \sqrt{16\ mm^2} = 4{,}5\ mm\varnothing$	
	$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ $A = 0{,}785\,(D^2 - d^2)$ $S = \pi\,(D - s)\,s$ $S = \pi\,(d + s)\,s$	**مساحة الحلقة الدائرية :** مساحة الدائرة الكبرى مطروحا منها مساحة الدائرة الصغرى مساحة المقطع للأنابيب : π × (القطر الخارجي − سُمك الجدار) × سُمك الجدار أو : π × (القطر الداخلي + سُمك الجدار) × سُمك الجدار **مثال :** ماسورة من النحاس الأصفر Ms 60 قطرها الخارجي D = 20 mm وسُمك جدارها s = 2 mm أوجد مساحة مقطعها . **الحل :** $S = 3{,}14 \cdot (20\ mm - 2\ mm) \cdot 2\ mm = 113\ mm^2$	



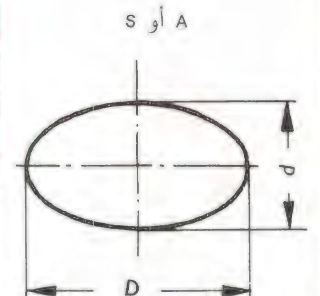


مساحة القطع الناقص = $\frac{\pi \times \text{القطر الأكبر} \times \text{القطر الأصغر}}{4}$

A أو S

$$A = \pi \frac{D \cdot d}{4} \qquad S = \pi \frac{D \cdot d}{4}$$

المحيط : $U \approx \pi \frac{D + d}{2}$



مثال : قطع ناقص طول قطره الأكبر D=80 mm والقطر الأصغر d=60 mm . أوجد مساحته وطول محيطه .

الحل :

$$A = 3{,}14 \cdot \frac{80\text{ mm} \cdot 60\text{ mm}}{4} = 3768\text{ mm}^2$$

$d : D = 60 : 80 = 3 : 4 = 0{,}75$

$U = 80\text{ mm} \cdot 2{,}7637 = 221\text{ mm}$

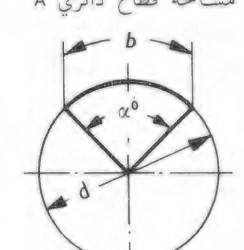
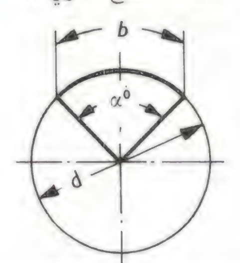
يتوقف طول المحيط على النسبة d : D

عند d : D	U=D مضروبا في :	عند d : D	U=D مضروبا في :
0,9	2,9866	0,5	2,4221
0,8	2,8361	0,4	2,3013
0,7	2,6912	0,3	2,1930
0,6	2,5527	0,2	2,1010

مساحة قطاع دائري A

مساحة القطاع الدائري = $\frac{\text{طول القوس} \times \text{نصف القطر}}{2}$

شكل المقطع المستعرض s

طول القوس b هو جزء من محيط الدائرة ذات القطر d

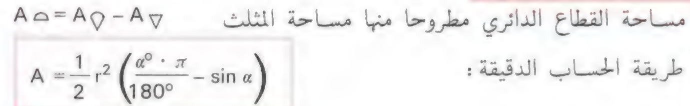
$$A = \frac{b \cdot r}{2}$$

مثال : دائرة قطرها d=80 mm وزاوية قطاع دائري بها هي α=90° . أوجد مساحة القطاع الدائري .

الحل : $b = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360}$ $\qquad b = \frac{3{,}14 \cdot 80\text{ mm} \cdot 90°}{360°} = 62{,}8\text{ mm}$

$A = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \alpha}{4 \cdot 360}$ $\qquad A = \frac{62{,}8\text{ mm} \cdot 40\text{ mm}}{2} = 1256\text{ mm}^2$

مساحة القطعة الدائرية



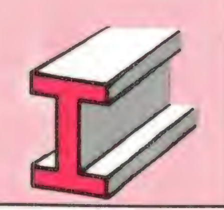
مساحة القطاع الدائري مطروحا منها مساحة المثلث $\qquad A_{\text{قطعة}} = A_{\text{قطاع}} - A_{\text{مثلث}}$

طريقة الحساب الدقيقة :

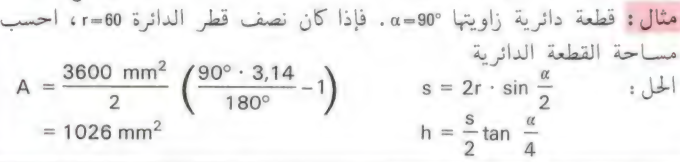
$$A = \frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\alpha° \cdot \pi}{180°} - \sin\alpha\right)$$

طريقة الحساب التقريبية :

$$A = \frac{2}{3} \cdot s \cdot h$$



مثال : قطعة دائرية زاويتها α=90° . فإذا كان نصف قطر الدائرة r=60 ، احسب مساحة القطعة الدائرية



الحل : $s = 2r \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$ $\qquad A = \frac{3600\text{ mm}^2}{2}\left(\frac{90° \cdot 3{,}14}{180°} - 1\right)$

$h = \frac{s}{2} \tan\frac{\alpha}{4}$ $\qquad = 1026\text{ mm}^2$

تقسم المساحات غير المنتظمة إلى عدة مساحات جزئية سهلة الحساب ، حيث يتم استنباط مساحة كل منها منفردة .

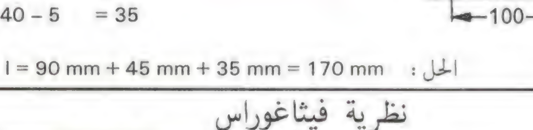
المساحة الكلية لشكل غير منتظم = مجموع المساحات الجزئية :

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \cdots$$

حساب الأطوال المفرودة (طول الإفراد)

طول الإفراد يساوي الطول المتوسط الذي يمر خلال مراكز ثقل المقاطع المختلفة

مثال : أوجد طول الإفراد (l) للقضيب المشكّل المبين بالرسم .

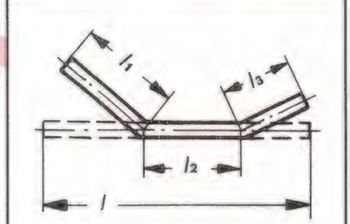


$l_1 = 100 - 2 \cdot 5 = 90$

$l_2 = 50 - 5 = 45$

$l_3 = 40 - 5 = 35$

$$l = l_1 + l_2 + l_3 + \cdots$$



الحل : $l = 90\text{ mm} + 45\text{ mm} + 35\text{ mm} = 170\text{ mm}$

نظرية فيثاغورس

نظرية فيثاغورس

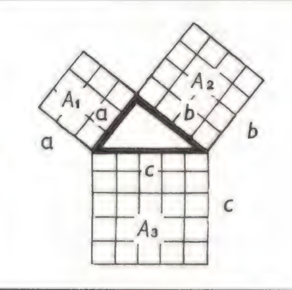
مجموع مساحتي المربعين المنشأين على ضلعي القائمة في المثلث القائم الزاوية يساوي مساحة المربع المنشأ على الوتر .

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

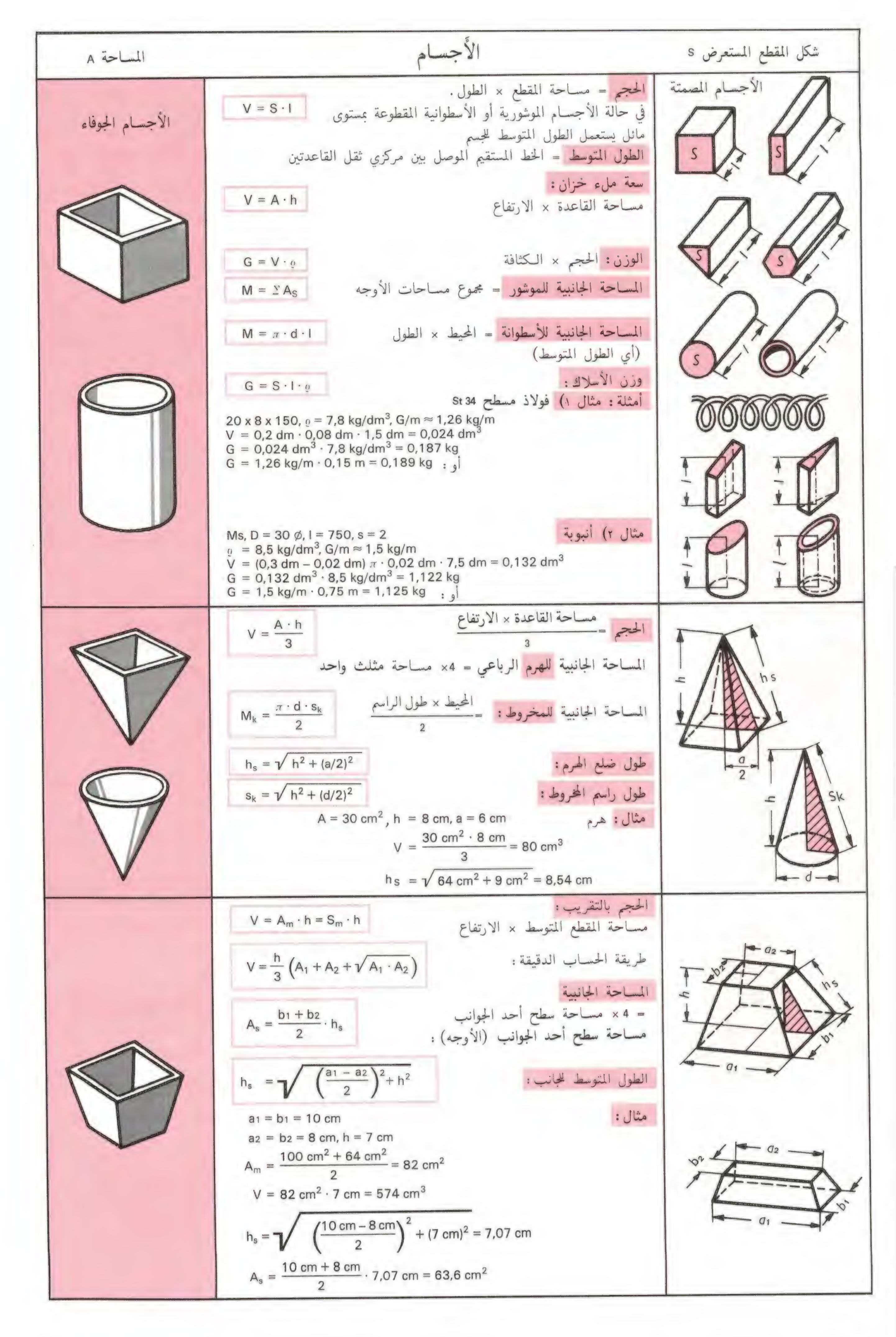
$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$



مثال : مثلث قائم الزاوية طول أحد أضلاعه a=3 وطول الضلع الآخر b=4 . إحسب طول الوتر (c) .

الحل : $c = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25}$

$c = 5$



المساحة A	الأجسام	شكل المقطع المستعرض S

الأجسام

الأجسام المصمتة / **الأجسام الجوفاء**

الحجم = مساحة المقطع × الطول. $V = S \cdot l$

في حالة الأجسام الموشورية أو الأسطوانية المقطوعة بمستوى مائل يستعمل الطول المتوسط للجسم

الطول المتوسط = الخط المستقيم الموصل بين مركزي ثقل القاعدتين

سعة ملء خزان:
مساحة القاعدة × الارتفاع $V = A \cdot h$

الوزن: الحجم × الكثافة $G = V \cdot \varrho$

المساحة الجانبية للموشور = مجموع مساحات الأوجه $M = \Sigma A_S$

المساحة الجانبية للأسطوانة = المحيط × الطول $M = \pi \cdot d \cdot l$
(أي الطول المتوسط)

وزن الأسلاك: $G = S \cdot l \cdot \varrho$

أمثلة: مثال ١) فولاذ مسطح St 34

$20 \times 8 \times 150$, $\varrho = 7{,}8\ kg/dm^3$, $G/m \approx 1{,}26\ kg/m$
$V = 0{,}2\ dm \cdot 0{,}08\ dm \cdot 1{,}5\ dm = 0{,}024\ dm^3$
$G = 0{,}024\ dm^3 \cdot 7{,}8\ kg/dm^3 = 0{,}187\ kg$
أو: $G = 1{,}26\ kg/m \cdot 0{,}15\ m = 0{,}189\ kg$

مثال ٢) أنبوبة

Ms, $D = 30\ \varnothing$, $l = 750$, $s = 2$
$\varrho = 8{,}5\ kg/dm^3$, $G/m \approx 1{,}5\ kg/m$
$V = (0{,}3\ dm - 0{,}02\ dm)\ \pi \cdot 0{,}02\ dm \cdot 7{,}5\ dm = 0{,}132\ dm^3$
$G = 0{,}132\ dm^3 \cdot 8{,}5\ kg/dm^3 = 1{,}122\ kg$
أو: $G = 1{,}5\ kg/m \cdot 0{,}75\ m = 1{,}125\ kg$

الحجم = $\frac{\text{مساحة القاعدة × الارتفاع}}{3}$ $V = \frac{A \cdot h}{3}$

المساحة الجانبية **للهرم** الرباعي = 4× مساحة مثلث واحد

المساحة الجانبية للمخروط: = $\frac{\text{المحيط × طول الراسم}}{2}$ $M_k = \frac{\pi \cdot d \cdot s_k}{2}$

طول ضلع الهرم: $h_s = \sqrt{h^2 + (a/2)^2}$

طول راسم المخروط: $s_k = \sqrt{h^2 + (d/2)^2}$

مثال: هرم $A = 30\ cm^2$, $h = 8\ cm$, $a = 6\ cm$

$$V = \frac{30\ cm^2 \cdot 8\ cm}{3} = 80\ cm^3$$

$$h_s = \sqrt{64\ cm^2 + 9\ cm^2} = 8{,}54\ cm$$

الحجم بالتقريب:
مساحة المقطع المتوسط × الارتفاع $V = A_m \cdot h = S_m \cdot h$

طريقة الحساب الدقيقة: $V = \frac{h}{3}\left(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2}\right)$

المساحة الجانبية
= 4 × مساحة سطح أحد الجوانب
مساحة سطح أحد الجوانب (الأوجه): $A_s = \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot h_s$

الطول المتوسط للجانب: $h_s = \sqrt{\left(\frac{a_1 - a_2}{2}\right)^2 + h^2}$

مثال:

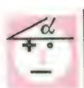
$a_1 = b_1 = 10\ cm$
$a_2 = b_2 = 8\ cm$, $h = 7\ cm$

$$A_m = \frac{100\ cm^2 + 64\ cm^2}{2} = 82\ cm^2$$

$$V = 82\ cm^2 \cdot 7\ cm = 574\ cm^3$$

$$h_s = \sqrt{\left(\frac{10\ cm - 8\ cm}{2}\right)^2 + (7\ cm)^2} = 7{,}07\ cm$$

$$A_s = \frac{10\ cm + 8\ cm}{2} \cdot 7{,}07\ cm = 63{,}6\ cm^2$$



حساب الحجم بطريقة تقريبية :
مساحة المقطع المتوسط × الارتفاع

$$V = A_m \cdot h = S_m \cdot h$$

طريقة الحساب الدقيقة : تستخدم الصيغة : $V = \frac{\pi h}{12}(D^2 + d^2 + D \cdot d)$

المساحة الجانبية : $A_l = \pi \cdot s \, \frac{D+d}{2}$

طول الضلع الجانبي : $s = \sqrt{\left(\frac{D-d}{2}\right)^2 + h^2}$

مثال : أوجد وزن الزيت الذي يحتوي عليه دلو مقاساته : d = 200 Ø, D = 300 Ø, h = 260, إذا كان الدلو مملوءاً حتى حافته بالزيت . كثافة الزيت : $\varrho = 0{,}9$ kg/dm³

$$V = \frac{3{,}14 \cdot 2{,}6\ dm}{12}[(3\ dm)^2 + (2\ dm)^2 + 3\ dm \cdot 2\ dm] = 12{,}93\ dm^3$$

$$G = 12{,}93\ dm^3 \cdot 0{,}9\ kg/dm^3 = 11{,}637\ kg$$

حجم الكرة : $V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$

المساحة السطحية : $A_s = \pi \cdot d^2$

المساحة السطحية باستعمال نصف قطر الوحدة : $A_s = \pi \cdot 4 = 12{,}56$

مثال : $d = 70\ \varnothing,\ \varrho = 7{,}8\ kg/dm^3$

$$V = \frac{3{,}14 \cdot (0{,}7\ dm)^3}{6} = 0{,}18\ dm^3;\ G = 0{,}18\ dm^3 \cdot 7{,}8\ \frac{kg}{dm^3} = 1{,}4\ kg$$

$$A_s = 3{,}14 \cdot (0{,}7\ dm)^2 = 1{,}54\ dm^2$$

حجم القطعة الكروية : $V = \frac{\pi\ h}{6}\left(\frac{3}{4}s^2 + h^2\right)$

أو $V = \frac{\pi h^2}{3}\left(3r - h\right)$

المساحة الجانبية : $A_l = \pi \cdot 2 \cdot r \cdot h$

مثال : لوح من الصاج St 34 سُمكه 2

$$r = 180,\ h = 40,\ \varrho = 7{,}8\ kg/dm^3$$

$$A_l = 3{,}14 \cdot 2 \cdot 18\ cm \cdot 4\ cm = 452{,}16\ cm^2$$

$$G = 452{,}16\ cm^2 \cdot 0{,}2\ cm \cdot 7{,}8\ g/cm^3 = 705\ g$$

حجم البرميل إذا كانت شرائحه على شكل قوس من دائرة : $V = \frac{\pi h}{12}\left(2\ D^2 + d^2\right)$

الحساب الدقيق لسعة البرميل إذا كانت شرائحه على شكل قطع مكافيء : $V = \frac{\pi h}{15}\left(2\ D^2 + Dd + 0{,}75\ d^2\right)$

مثال : سعة برميل (دائري الشرائح) حجما ووزنا مقاساته :

$$D = 700,\ d = 550,\ h = 800,\ \varrho = 0{,}92\ kg/dm^3$$

الحل :

$$V = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}8\ m}{12}[2 \cdot (0{,}7\ m)^2 + (0{,}55\ m)^2] = 0{,}268\ m^3$$

$$G = 0{,}268\ m^3 \cdot 1000 \cdot 0{,}92\ kg/dm^3 = 246{,}6\ kg$$

الحجم : مساحة المقطع × الطول الأوسط

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l_m$$

$$l_m = \pi \cdot D$$

$$V = \pi \cdot S \cdot D$$

الطول الأوسط هو الطول المار خلال مراكز ثقل جميع المقاطع .

مثال : حلقة معدنية من : L 60×60×6 قطرها 400 . من الجدول :

$$D = 400\ mm + 2 \times 16{,}9\ mm = 433{,}8\ mm$$

$$S = 6{,}91\ cm^2,\ G = 5{,}42\ kg/m,\ \varrho = 7{,}8\ kg/dm^3$$

$$V = 3{,}14 \cdot 6{,}91\ cm^2 \cdot 43{,}38\ cm = 941{,}25\ cm^3$$

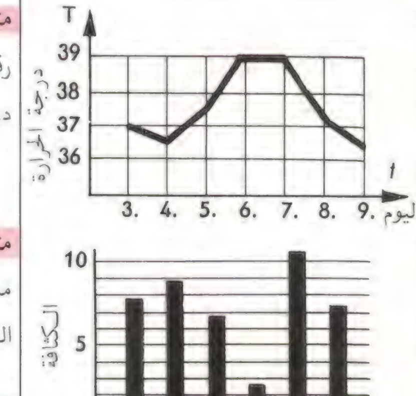
$$G = \frac{941{,}25\ cm^3 \cdot 7{,}8\ kg/dm^3}{1000} = 7{,}342\ kg$$

أو :

$$G = 3{,}14 \cdot 0{,}4338\ m \cdot 5{,}42\ kg/m = 7{,}382\ kg$$

التمثيل البياني للقيم العددية

الرسم البياني

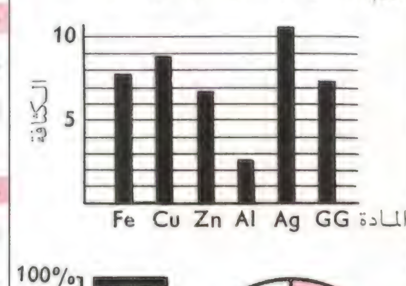


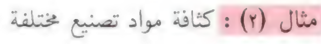
مثال (١) : منحنى درجة الحرارة لمريض بالحمى

رقم اليوم :	9.	8.	7.	6.	5.	4.	3.
درجة الحرارة :	36,5	37,2	39	39	37,5	36,5	37

الشرح :

توقع درجات الحرارة المقاسة على المحور الرأسي، والأيام المقابلة على المحور الأفقي. بوصل نقاط قيم درجات الحرارة ببعضها تتضح كيفية تغير القيم.





مثال (٢) : كثافة مواد تصنيع مختلفة

مادة التصنيع :	Fe	Cu	Zn	AL	Ag	GG
الكثافة :	7,8	8,9	6,8	2,7	10,5	7,3

وتمثل الحالات غير المتغيرة (كالخواص وما يماثلها) بيانيا بأوضح ما يمكن بواسطة أعمدة (مستطيلات).

مثال (٣) : استهلاك الخشب مقسما وفقا لمجالات استخدامه :

خشب الوقود	50%
خشب البناء	25%
خشب المناجم	10%
السليولوز	10%
أنواع أخرى	5%

وإذا كانت قيم النسب المئوية أهم من القيم المطلقة لها، يتم تمثيلها بيانيا بتقسيم شكل هندسي (دائرة أو عمود أو مساحة) إلى أجزاء متناظرة.

مثال (٤) : المخطط البياني للقدرة

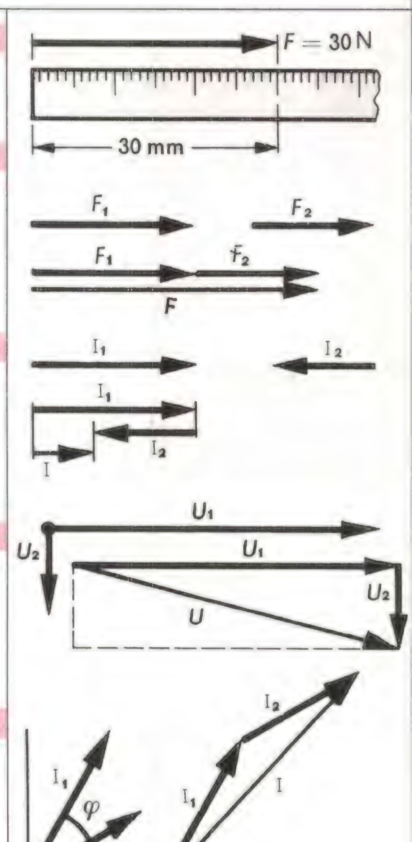
القدرة المعطاة $P_i = 50\ kW$

القدرة المستفادة $P = 41\ kW$

مقادير الفقد : الميكانيكية 5، الكهربائية 4 $\} = 9\ kW$

ويمكن تمثيل القيم الجزئية المنسوبة إلى القيمة الكلية بنفس الطريقة (أنظر مثال ٤)

تمثيل الكميات بالمتجهات



مثال (١) :

القوة : $F = 30\ N$

$1\ mm \triangleq 1\ N$

مثال (٢) : كميتان تؤثران في نفس الاتجاه (متسايرتان)

$F_1 = 14\ N \triangleq 14\ mm$

$F_2 = 10\ N \triangleq 10\ mm$

$F = 24\ N \triangleq 24\ mm$

مثال (٣) : كميتان تؤثران في اتجاهين متضادين (متغايرتان)

$I_1 = 1{,}4\ A \triangleq 14\ mm$

$I_2 = 0{,}9\ A \triangleq 9\ mm$

$I = 0{,}5\ A \triangleq 5\ mm$

مثال (٤) : كميتان تؤثران في اتجاهين متعامدين على بعضهما

$U_1 = 60\ V \triangleq 30\ mm$

$U_2 = 15\ V \triangleq 7{,}5\ mm$

$31\ mm \triangleq 62\ V = U$

مثال (٥) : كميتان تؤثران في اتجاهين بينهما زاوية φ

$I_1 = 3\ A \triangleq 15\ mm$

$I_2 = 2{,}4\ A \triangleq 12\ mm$

$\varphi = 30°$

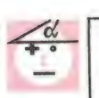
$25\ mm \triangleq 5\ A = I$

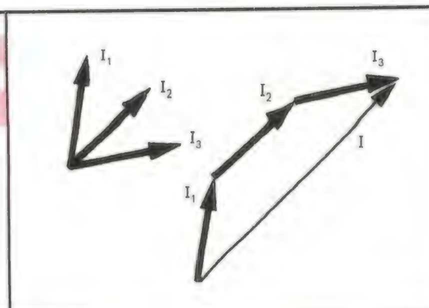
يمكن تمثيل كمية معينة (قوة أو جهد كهربائي أو تيار كهربائي) بيانيا على شكل خط ينتهي برأس سهم (متجه).

وإذا أريد تمثيل عدة كميات بيانيا، تعين رسمها بنفس مقياس الرسم.

ويناظر طول المتجه القيمة العددية للكمية، كما يوضح رأس السهم اتجاه تأثيرها، أو حالة وضع الطور في الكميات الكهربائية.

ونحصل على المحصلة برسم المتجهات متسلسلة وراء بعضها، مع مراعاة اتجاه كل منها.





مثال ٦: عدة كميات تؤثر في إتجاهات مختلفة

مثال:

$I_1 = 1\ A \triangleq 10\ mm$

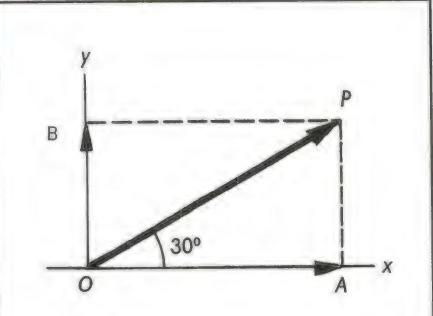
$I_2 = 1\ A \triangleq 10\ mm$

$I_3 = 1\ A \triangleq 10\ mm$

$I = 2{,}5\ A \triangleq 25\ mm$

نحصل على المحصلة برسم المسافات التي تمثل المتجهات متسلسلة وراء بعضها، مع مراعاة اتجاه كل منها.

تحليل كمية متجهة إلى مركبات (مستوى جاوس)



مثال: $\varphi = 30°$، $\overrightarrow{OP} = 26\ mm$

الحل بالرسم:

١) اسقط عمودا من P على المحور الأفقي x

٢) ارسم من P موازيا للمحور الأفقي x

من نقط التقاطع تنتج المركبتان:

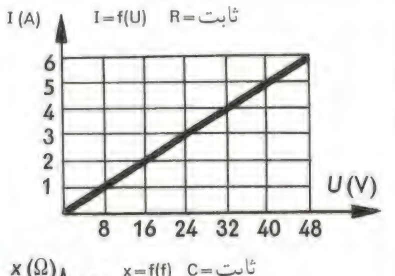
$\overrightarrow{OB}$ و $\overrightarrow{OA}$

$\overrightarrow{OB} = 12{,}7\ mm$

$\overrightarrow{OA} = 22{,}5\ mm,$

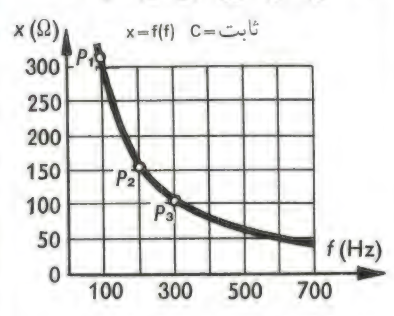
يمكن تحليل المتجه $\overrightarrow{OP}$ إلى مركبتين (مثال ذلك $\overrightarrow{OA}$ و $\overrightarrow{OP}$)

معنى الدالة (تمثيل الدوال)



تبين المعادلة: $I = f(U)$ (وهي تعني أن I دالة للكمية U) أن شدة التيار I تتوقف على مقدار الجهد U، بافتراض أن المقاومة الكهربائية ثابتة (قانون أوم).

مثال ١:	U (V)	8	16	24	32	40	48
R = 8 Ω	I (A)	1	2	3	4	5	6

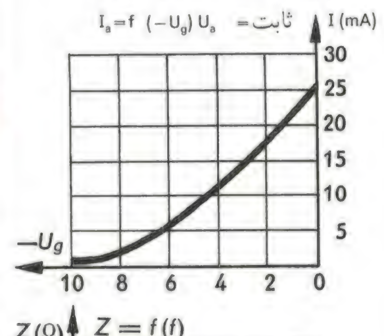


مثال ٢:	F (Hz)	100	200	300	400	500	600	700
C = 5 μF	x (Ω)	318	159	106	79	64	53	45

تعين P_1 كنقطة تقاطع للمقاومة 318 Ω التي تناظر 19 mm على المحور الرأسي y مع التردد 100 Hz وتناظر 3 mm على المحور الأفقي x. وتعين P_2 كنقطة تقاطع للمقاومة 159 Ω التي تناظر 9,5 mm على المحور الرأسي y مع التردد 200 Hz التي تناظر 6 mm على المحور الأفقي x

مقاييس الرسم: 3 mm تناظر 50 Ω و 3 mm تناظر 100 Hz.

وإذا نتجت قيم عددية سالبة، توقع قيمها جهة اليسار من المحور الرأسي y. في نظام الإحداثيين المتعامدين (إحداثيات جاوس).

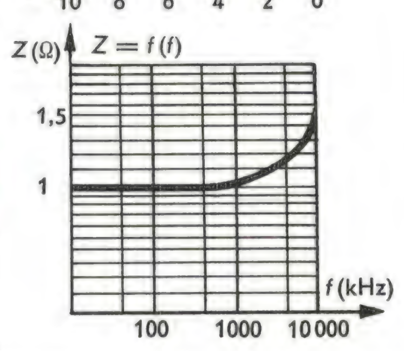


مثال ٣: المنحنى الخصائصي لصمام إلكتروني

$U_a = 200\ V$

$-U_g$ (V)	−10	−8	−6	−4	−2	0
I_a (mA)	0,2	1,8	5,6	11,5	18,3	26

وفي الحالات التي تتزايد فيها متوالية عددية بمعدل كبير للغاية، وأخرى بمعدل صغير للغاية، يستخدم مقياس رسم مقصّر، مثل مقياس الرسم اللوغاريتمي، الذي تكون فيه المسافة من 1 إلى 10 مساوية لتلك التي من 10 إلى 100 أو من 100 إلى 1000 أو من 1000 إلى 10 000 وهكذا.



مثال ٤: تتزايد مقاومة سلك نحاسي قطره 0,1 mm بمقدار صغير جدا بارتفاع تردد التيار (انظر الجدول):

f (kHz)	100	500	1000	3000	10000
Z (Ω)	1	1	1,01	1,2	1,5

الميكانيكا

الكتلة m : كتلة الجسم هي خاصية ذاتية غير متغيرة، تظهر بشكل قصور ذاتي يقاوم أي تغيير في حالة حركته. وهي ثابتة في جميع المواضع على سطح الكرة الأرضية. ووحدة الكتلة هي الكيلوجرام (kg).
وتحدد كتلة الجسم بمقارنتها بأجسام معروفة الكتلة.

$$G = m \cdot g$$

الوزن G : يستخدم تعبير الوزن عموما بمعنيين مختلفين :

أولا : ككمية من نوع القوة. وبهذا المفهوم يكون الوزن مساويا لحاصل ضرب الكتلة × تسارع الجاذبية الأرضية ويستحسن هنا استعمال تعبير الثقل (قوة الوزن) بدلا من كلمة الوزن فقط.
وحدة قوة الوزن هي النيوتن (N).
الكيلوبوند (kp) هي وحدة قوة الوزن التي انتهى استخدامها في ٧٨/١/١   1 kp = 9,81 N

ثانيا : ككمية من نوع كتلة. ويدل الوزن في الاستعمال اللغوي العام على كمية تنتج من عملية الوزن. ويستحسن هنا استخدام لفظ الكتلة بدلا من لفظ الوزن. ويمكن أن تسمى أوزانا نتيجة عملية الوزن عند رصد الكميات في قوائم الأجزاء والكتالوجات. وتكون وحدة الوزن بهذا المفهوم هي الكيلوجرام (kg).

العلاقة بين الكتلة وقوة الوزن :

جسم كتلته 1 kg. فإذا كان تسارع الجاذبية الأرضية في مكان موضع الجسم هو $g = 9{,}81\ m/s^2$ تكون قوة وزنه (أي القوة المؤثرة على حامله هي :

$$F = 1\ kg \cdot 9{,}81\ m/s^2 = 9{,}81\ N$$

تسارع الجاذبية الأرضية (g) :

هو مقدار ازدياد السرعة في الثانية الواحدة لجسم ساقط سقوطا حرا، دون أن تؤثر عليه قوى أخرى. وتسمى بتسارع الجاذبية الأرضية الموضعي.
وتتفاوت قيم تسارع الجاذبية الأرضية على سطح الأرض عن بعضها ببضعة أجزاء من الألف (حوالي 7‰ على الأكثر).
القيمة الموضعية المعتادة لتسارع الجاذبية الأرضية : $g_n = 9{,}80665\ m/s^2$. القيمة الحسابية : $g = 9{,}81\ m/s^2$.

قانون القصور الذاتي : تتسبب القوة F المؤثرة على جسم كتلته m في تحريكه بتسارع a.

القوة = الكتلة × التسارع

$$F = m \cdot a$$

مثال : إحسب القوة (F) اللازمة لتحريك الكتلة $m = 2\ kg$ بتسارع قدره $a = 2{,}5\ m/s^2$

الحل : $F = 2\ kg \cdot 2{,}5\ m/s^2 = 5\ N$

السرعة :

السرعة (v) = المسافة المقطوعة (s) مقسومة على الزمن (t) اللازم لقطع هذه المسافة

الوحدات : المسافة (s) بالمتر (m) أو الكيلومتر (km) والزمن (t) بالثانية (s) أو الدقيقة (min) أو الساعة (h) والسرعة v بوحدة (m/s) أو بوحدة (m/min) أو بوحدة (km/h)

$$v = \frac{s}{t}$$

$$s = v \cdot t$$

$$t = \frac{s}{v}$$

السرعة المحيطية : (سرعة الحركة للأجسام الدوارة)

السرعة المحيطية (v_c) = المسافة (s) المقطوعة بواسطة نقطة على محيط دائرة، مقسومة على الزمن (t) اللازم لذلك.

الوحدات : القطر (d) بالأمتار (m)
سرعة الدوران (n) بمقلوب الثانية $(\frac{1}{s})$ أو دورة في الدقيقة (r.p.m.)، والسرعة بوحدة (m/s)

مثال : قرص تجليخ : $d = 200\ \varnothing$, $n = 1500$ r.p.m.

$$v = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}2\ m \cdot 1500\ r.p.m.}{60} = 15{,}7\ m/s$$

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n$$

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

$$d = \frac{v_c}{\pi \cdot n}$$

التسارع : (الحركة بعجلة منتظمة)

التسارع (a) = مقدار ازدياد السرعة في الثانية الواحدة.
(تسارع الجاذبية الأرضية : انظر ما سبق)
التقاصر أو العجلة التناقصية = العجلة السالبة = مقدار تناقص السرعة في الثانية الواحدة.

الوحدات : السرعة (v) بوحدة (m/s) والزمن (t) بوحدة (s) والتسارع (a) بوحدة (m/s^2) والمسافة المقطوعة (s) بوحدة (m)

مثال : سيارة نقل تبلغ سرعتها بعد 20 s من بدء حركتها 72 km/h أوجد التسارع.

الحل :

$$a = \frac{\frac{72 \cdot 1000}{3600}\ m/s}{20\ s} = 1\ m/s^2$$

$$a = \frac{v}{t}$$

$$v = a \cdot t$$

$$t = \frac{v}{a}$$

$$s = \frac{1}{2} a t^2$$

الثانية الأولى
الثانية الثانية
الثانية الثالثة

السرعة الزاوية :

السرعة الزاوية (ω) = الزاوية $\hat{\varphi}$ المقطوعة في وحدة الزمن، مقاسة بالوحدات النقية. الزاوية $\hat{\varphi}$ بالوحدة النقية :

الوحدات : سرعة الدوران (n) بوحدة $(\frac{1}{s})$ أو بوحدة r.p.m. والسرعة الزاوية (ω) بوحدة (rad/s)

مثال : قرص يدور بسرعة 120 r.p.m. احسب سرعته الزاوية.

الحل : $\omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{120\ r.p.m.}{60\ s/min} = 4\pi\ rad/s$

$$\hat{\varphi} = 2 \cdot \pi \cdot n$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$



العزم :

العزم (M)= حاصل ضرب القوة في ذراعها

عزم القوة (M)= حاصل ضرب القوة في ذراعها

عزم الحمل (M)= حاصل ضرب الحمل في ذراع الحمل

عزم الدوران (M)= حاصل ضرب القوة المحيطية في نصف القطر .

الوحدات : القوة (F) والحمل (Q) بالنيوتن (N) وذراع العزم a أو b أو l أو r بالمتر (m) ووحدة العزم M هي Nm

مثال : تؤثر قوة الشد 120 N على سير بكرة قطرها 200 أوجد العزم .

الحل : $M = 120\ N \cdot 0{,}1\ m = 12\ Nm$

$$M = F \cdot l$$
$$M = Q \cdot l$$
$$M = F \cdot r$$
$$F = \frac{M}{r}$$
$$r = \frac{M}{F}$$

الروافع

تكون الرافعة في حالة إتزان إذا تساوى عزم القوة مع عزم الحمل . ويكون ذراع العزم دائما هو **البعد العمودي** على اتجاه القوة أو الحمل، مقاسا من نقطة تأثير القوة (أو الحمل) إلى **نقطة الدوران .**

مثال : احسب الحمل (Q) لرافعة زاوية ، حيث : $a = 30\ cm$ $(a' = 25\ cm)$ $b = 12\ cm$ $(b' = 10\ cm) \cdot F = 80\ N$

الحل : $Q = \frac{80\ N \cdot 25\ cm}{10\ cm} = 200\ N$

$$F \cdot a = Q \cdot b$$
$$F = \frac{Q \cdot b}{a}$$
$$Q = \frac{F \cdot a}{b}$$
$$a = \frac{Q \cdot b}{F}$$
$$b = \frac{F \cdot a}{Q}$$

الملفاف

تناظر أنصاف الأقطار r, R أذرع الرافعة a و b في الرافعة ذات الذراعين

$$F \cdot R = Q \cdot r$$
$$F = \frac{Q \cdot r}{R}$$

البكرة الثابتة (١)

يحدث الاتزان إذا منع الحمل (Q) من السقوط بواسطة القوة المضادة المساوية له (F) . ويتم تغيير **اتجاه** القوة المضادة بواسطة البكرة الثابتة .

$$F = Q$$

البكرة المتحركة (٢)

يكون رفع الحمل (Q) بواسطة **حبلين .** ويناظر الشد (القوة المضادة) في كل حبل منهما مقدار نصف الحمل .

ويكون طول الحبل (s) مساويا لضعف مسافة الرفع (h)

$$F = \frac{Q}{2}$$
$$Q = 2F$$
$$s = 2h$$

البكارة (١)

يتم تغيير اتجاهات القوة بواسطة البكرات الثابتة في كل حالة . كذلك يتم توزيع الحمل Q على حبلين حاملين بواسطة البكرات المتحركة في كل حالة

قوة الشد (F)= الحمل (Q) مقسوما على عدد الحبال الحاملة (أو عدد البكرات) .

مثال : احسب قوة الشد (F) لبكارة ذات ست بكرات إذا كان الحمل $Q = 720\ N$

الحل : $F = \frac{720\ N}{6} = 120\ N$

$$F = \frac{Q}{n}$$
$$Q = F \cdot n$$
$$s = n \cdot h$$

البكارة التفاضلية (٢)

يتم توزيع الحمل على حبلين حاملين بواسطة البكرة الحرة . وينقل الشد الواقع على الحبل بواسطة الاسطوانة الرحوية وفقا لقوانين الروافع .

مثال : إحسب قوة الشد (F) إذا كانت :

$Q = 600\ N,\quad R = 160\ mm,\quad r = 80\ mm$

الحل : $F = \frac{600\ N}{2} \cdot \frac{160\ mm - 80\ mm}{160\ mm} = 150\ N$

$$F = \frac{Q}{2} \cdot \frac{R - r}{R}$$
$$Q = \frac{2 \cdot F \cdot R}{R - r}$$

الشغل الميكانيكي

الشغل الميكانيكي = القوة × المسافة

الوحدات : القوة (F) بالنيوتن (N) والمسافة (s) بالمتر (m) والشغل (W) بالنيوتن متر (Nm) أو الجول (J)

مثال : تؤثر القوة F = 40 N على مكبس لمسافة 0,3 m أوجد الشغل المبذول

الحل : $W = 40\ N \cdot 0{,}3\ m = 12\ Nm = 12\ J$

$$W = F \cdot s$$

$$F = \frac{W}{s}$$

$$s = \frac{W}{F}$$

القدرة الميكانيكية

القدرة الميكانيكية = الشغل الميكانيكي المبذول في الثانية الواحدة

الوحدات : الشغل (W) بالنيوتن متر (Nm)، القدرة (P) بالنيوتن متر/ثانية (Nm/s) أو الواط (W)

مثال : يعمل المكبس المذكور في المثال السابق بسرعة 500 شوط في الدقيقة. إحسب القدرة

الحل : $P = \frac{500 \cdot 12\ Nm}{60\ s} = 100\ Nm/s = 100\ W$

$1\ W = 1\ Nm/s$

$1\ kW = 1\ kNm/s = 1\ kJ/s$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$W = P \cdot t$$

$$t = \frac{W}{P}$$

$$P = \frac{F \cdot s}{t}\ ;\ s = \frac{P \cdot t}{F}$$

$$F = \frac{P \cdot t}{s}\ ;\ t = \frac{F \cdot s}{P}$$

الطاقة الميكانيكية

للجسم الساكن مقدرة معينة على الشغل (طاقة) تتوقف على كتلته، وهي تنطلق على هيئة شغل ميكانيكي، إذا ما ترك الجسم حالة السكون.

طاقة الوضع (E_p) = (الطاقة الكامنة) وهي حاصل ضرب القوة في المسافة التي يبعد بها الجسم عن وضع سكونه.

طاقة الحركة (E_k) = (الطاقة الكينيتية) : وهي حاصل ضرب نصف الكتلة في مربع سرعة الجسم.

الوحدات : القوة (F) بوحدة (N) والارتفاع (h) بوحدة (m) والكتلة (m) بوحدة (kg) والسرعة (v) بوحدة (m/s) وطاقتا الوضع والحركة (E_p) و (E_k) بوحدة (Nm)

مثال : وزن مدك المطرقة 250 kg وعلو السقوط 3 m. إحسب طاقة الحركة للمدك.

الحل : $E_k = 250\ kg \cdot 9{,}81\ m/s^2 \cdot 3\ m = 7357{,}5\ Nm$

$$E_p = F \cdot s$$

$$E_p = F \cdot h$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$\left(m = \frac{G}{g}\right)$$

$$(v^2 = 2 \cdot g \cdot h)$$

الكفاية :

الكفاية = η خارج قسمة القدرة المستفادة (P) على القدرة المعطاة (P_i) وتعبِّر الكفاية المصاغة في شكل كسر عشري عن النسبة المئوية المستفادة من القدرة المعطاة.

الوحدات : القدرة (P) بوحدة (Nm/s) أو (W) أو (kW) والكفاية (η) = (عدد مطلق)

مثال : تبلغ القدرة المعطاة لمحرك 5 kW والقدرة المستفادة منه على العمود 4 kW أوجد الكفاية.

الحل : $\eta = \frac{4\ kW}{5\ kW} = 0{,}80$

$$\eta = \frac{P}{P_i}$$ (عدد مطلق)

$$P = \eta \cdot P_i$$

$$P_i = \frac{P}{\eta}$$

القدرة الفرملية

في حالة الاتزان يكون : عزم الفرملة (M) = نصف قطر بكرة السير (r) مضروبا في القوة المحيطية المؤثرة على السير (F_c) = ذراع العزم للفرملة (l) مضروبا في القوة المؤثرة عند نهاية الذراع (F)

تتناسب القدرة (P) طرديا مع كل من عزم الكبح وسرعة دوران البكرة.

الوحدات : القوة (F) بالنيوتن (N) وذراع العزم (l) بالمتر (m) وعزم الكبح (M) بالنيوتن متر (Nm)، والقدرة (P) بالكيلوواط (kW)

مثال : عزم الكبح M = 50 Nm وسرعة الدوران n = 1400 r.p.m. إحسب القدرة P.

الحل : $P = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50\ Nm \cdot \frac{1400}{60}\frac{1}{s} = 7300\ Nm/s$

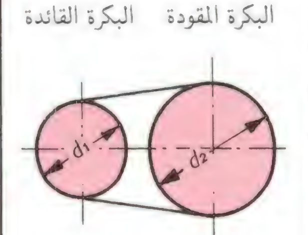
$= 7{,}3\ kW$

$$F_c \cdot r = F \cdot l$$

$$M = F_c \cdot r = F \cdot l$$

$$P = 2\pi Mn$$

نقل الحركة البسيط بالسيور



نسبة النقل (i) = $\frac{n_1 \text{ عدد دورات البكرة القائدة}}{n_2 \text{ عدد دورات البكرة المقودة}}$ أو

i = $\frac{d_2 \text{ قطر البكرة المقودة}}{d_1 \text{ قطر البكرة القائدة}}$

مثال : البكرة القائدة : $d_1 = 180$ mm

$n_1 = 1000$ r.p.m.

البكرة المقودة : $d_2 = 450$ mm . أوجد n_2 .

الحل : $n_2 = \frac{180 \text{ mm} \cdot 1000 \text{ r.p.m.}}{450 \text{ mm}} = 400$ r.p.m.

$$i = \frac{n_1}{n_2} \qquad i = \frac{d_2}{d_1}$$

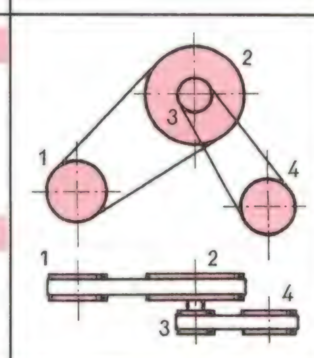
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$$

$$d_1 = \frac{n_2 \cdot d_2}{n_1}, \; d_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{n_2}$$

$$n_1 = \frac{n_2 \cdot d_2}{d_1}, \; n_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{d_2}$$

نقل الحركة المركب بالسيور :



يمكن تحليل نقل الحركة المركب بالسيور إلى عمليتي نقل حركة بسيطة بالسيور ، وتكون نسبة النقل الكلية في هذه الحالة :

i_t = $\frac{(n_1) \text{ عدد دورات البكرة القائدة الأولى}}{(n_4) \text{ عدد دورات البكرة المقودة الأخيرة}}$

مثال : $i_1 = \frac{3,5}{1}, \; i_2 = \frac{2,7}{1}$

أوجد نسبة النقل الكلية .

الحل : $i_t = \frac{3,5}{1} \cdot \frac{2,7}{1} = \frac{9,45}{1}$

$$i_t = i_1 \cdot i_2$$

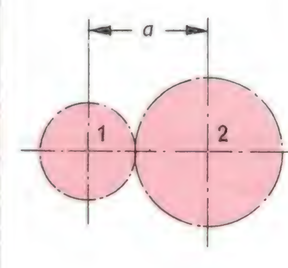
$$i_t = \frac{n_1}{n_4}$$

$$\frac{n_1}{n_4} = \frac{d_2 \cdot d_4}{d_1 \cdot d_3}$$

$$n_4 = \frac{n_1 \cdot d_1 \cdot d_3}{d_2 \cdot d_4}$$

نقل الحركة البسيط بالتروس :





نسبة النقل (i) = $\frac{n_1 \text{ عدد دورات الترس القائد}}{n_2 \text{ عدد دورات الترس المقود}}$ أو

i = $\frac{z_2 \text{ عدد أسنان الترس المقود}}{z_1 \text{ عدد أسنان الترس القائد}}$

مثال : الترس القائد : $z_1 = 20$

$n_1 = 450$ r.p.m.

الترس المقود : $z_2 = 50$

أوجد n_2 .

الحل : $n_2 = \frac{20 \cdot 450 \text{ r.p.m}}{50} = 180$ r.p.m.

البعد بين المحاور = $\frac{\text{مجموع قطري دائرتي الخطوة}}{2}$

$$i = \frac{n_1}{n_2} \qquad i = \frac{z_2}{z_1}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

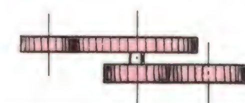
$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

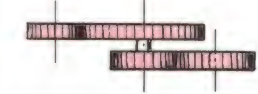
$$n_1 = \frac{n_2 \cdot z_2}{z_1}, \; n_2 = \frac{n_1 \cdot z_1}{z_2}$$

$$z_1 = \frac{n_2 \cdot z_2}{n_1}, \; z_2 = \frac{n_1 \cdot z_1}{n_2}$$

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

نقل الحركة المركب بالتروس





يمكن تحليل نظام تروس مزدوجة إلى نظامي نقل حركة بسيطين وتكون نسبة النقل الكلية :

i_t = $\frac{(n_1) \text{ عدد دورات الترس القائد الأول}}{(n_4) \text{ عدد دورات الترس المقود الأخير}}$

مثال $z_4 = 58$, $z_3 = 24$, $z_2 = 46$, $z_1 = 22$, $n_1 = 500$ r.p.m. ، أوجد عدد اللفات n_4

الحل : $n_4 = \frac{500 \text{ r.p.m.} \cdot 22 \cdot 24}{46 \cdot 58} = 99$ r.p.m.

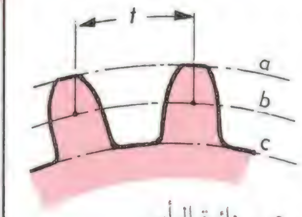
$$i_t = i_1 \cdot i_2$$

$$i_t = \frac{n_1}{n_4}$$

$$\frac{n_1}{n_4} = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}$$

$$n_4 = \frac{n_1 \cdot z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4}$$

أبعاد (مقاسات) الترس العدل



a – دائرة الرأس

b – دائرة الخطوة

c – دائرة الجذر

تنسب جميع الأبعاد إلى دائرة الخطوة للترس

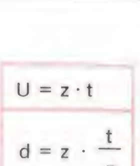
الخطوة (t)= المسافة بين سنيّن متتاليين + سُمك السن عند دائرة الخطوة .

محيط دائرة الخطوة (U) = عدد الأسنان مضروبا في الخطوة

قطر دائرة الخطوة (d) = $\frac{\text{عدد الأسنان} \times \text{الخطوة}}{\pi}$

المقنن (الموديول) (m) = $\frac{\text{الخطوة}}{\pi}$

قطر دائرة الخطوة (d) = عدد الأسنان × المقنن



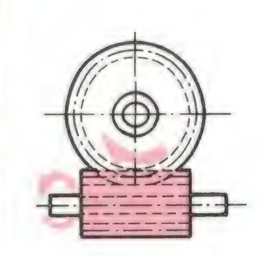
$$U = z \cdot t$$

$$d = z \cdot \frac{t}{\pi}$$

$$m = \frac{t}{\pi}$$

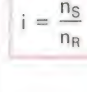
$$d = z \cdot m$$

الإدارة بالترس الدودي والدودة



الدودة ذات الباب الواحد: يدار الترس الدودي بمقدار سن واحد ، إذا دارت الدودة دورة واحدة.

نسبة نقل الحركة (i) = عدد دورات الدودة n_S / عدد دورات الترس الدودي n_R



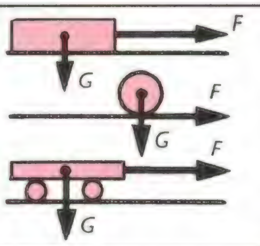
$$i = \frac{n_S}{n_R}$$

الدودة متعددة الأبواب: يدار الترس الدودي – في حالة الدودة ذات البابين ومتعددة الأبواب – بمقدار سنين أو أكثر على حسب عدد أبواب الدودة، إذا دارت الدودة دورة واحدة.

نسبة نقل الحركة (i) = عدد أسنان الترس الدودي z / عدد أبواب الدودة G

$$i = \frac{z}{G}$$

الاحتكاك



مقاومة الاحتكاك (F) هي القوة اللازمة للمحافظة على الحركة المنتظمة لجسم متحرك . ويتم الحصول على معامل الاحتكاك (μ) بقسمة مقاومة الاحتكاك (F) على الحمل (G) المؤثر عموديا على السطح الحامل للجسم . ويتم تحديد معامل الاحتكاك (μ) عن طريق التجربة .

الوحدات: القوة (F) بوحدة (N) والحمل (G) بوحدة (kg) وتسارع الجاذبية الأرضية (g) بوحدة (m/s^2)

$$F = G \cdot \mu \cdot g$$

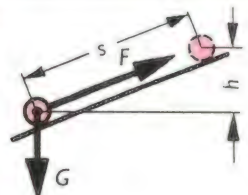
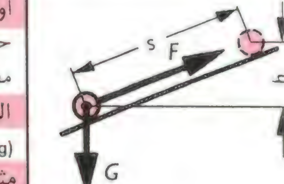
$$\mu = \frac{F}{G \cdot g}$$

$$G = \frac{F}{\mu \cdot g}$$

معامل الاحتكاك μ و μ_0

الأجسام المحتكة ببعضها	متوسط معامل الاحتكاك: للحركة μ – جاف	للحركة μ – مزلق	للسكون μ_0 – جاف	للسكون μ_0 – مزلق
برونز قصديري مع برونز قصديري	0,20	0,06	–	0,10
حديد زهر مع برونز قصديري	0,18	0,08	–	0,12
فولاذ مع برونز قصديري	0,18	0,08	0,19	0,10
حديد زهر مع حديد زهر	–	0,08	–	0,16
فولاذ مع فولاذ (يتوقف على السرعة v)	–	0,08 . . . 0,03	0,15	0,11
فولاذ مع معدن أبيض	0,10	0,06	–	–
محمل الكريات ومحمل الأسيطينات	–	0,002	–	–

المستوى المائل

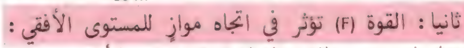
أولا: القوة (F) تؤثر في اتجاه مواز للمستوى المائل:

حاصل ضرب القوة × المسافة يناظر حاصل ضرب الوزن × الارتفاع (مع إهمال مقاومة الاحتكاك)

الوحدات: القوة (F) بوحدة (N) والحمل (G) بوحدة (kg) وتسارع الجاذبية الأرضية (g) بوحدة (m/s^2)

مثال: احسب القوة (F) إذا كانت : G = 100 kg, s = 50 m, h = 20 m

الحل :

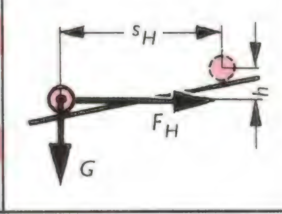


$$F = \frac{100\ kg \cdot 20\ m \cdot 9{,}81\ m/s^2}{50\ m} = 392\ kgm/s^2 = 392\ N$$

$$F \cdot s = G \cdot h \cdot g$$

$$F = \frac{G \cdot h \cdot g}{s}$$

$$G = \frac{F \cdot s}{h \cdot g}$$



ثانيا: القوة (F) تؤثر في اتجاه مواز للمستوى الأفقي:

حاصل ضرب القوة الموازية للمستوى الأفقي × مسقط المسافة على المستوى الأفقي يناظر حاصل ضرب الوزن × الارتفاع

مثال: احسب القوة (F) إذا كانت : G = 100 kg, s_H = 80 m, h = 16 m

الحل :

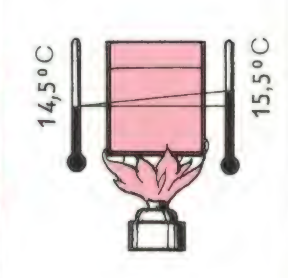
$$F = \frac{100\ kg \cdot 16\ m \cdot 9{,}81\ m/s^2}{80\ m} = 196\ kgm/s^2 = 196\ N$$

$$F_H \cdot s_H = G \cdot h \cdot g$$

$$F_H = \frac{G \cdot h \cdot g}{s_H}$$

$$G = \frac{F_H \cdot s_H}{h \cdot g}$$

الحرارة



لتسخين مادة ما يلزم إضافة كمية من الحرارة (Q) . وتبلغ كمية الحرارة اللازمة لتسخين كتلة 1 kg من الماء درجة مئوية واحدة (من 14,5°C إلى 15,5°C) مقدار 4,2 kJ أي أنه لتسخين 1 g من الماء تلزم كمية الحرارة 4,2 J والتي تعادل 4,2 Ws .

الوحدات: الكتلة (m) بوحدة (kg) وكمية الحرارة (Q) بوحدة (kJ) أو (J) والزيادة في درجة الحرارة Δϑ بوحدة K ودرجة الحرارة الابتدائية (ϑ_1) بوحدة (°C) ودرجة الحرارة النهائية (ϑ_2) بوحدة (°C) والحرارة النوعية (c) بوحدة (J/gK) أو kJ/kg·K

مثال: المطلوب تسخين 3l من زيت المكنات (ϱ = 0,9 kg/dm³, c = 1,7 J/g·K) من 10°C إلى 35°C . إحسب كمية الحرارة اللازمة

الحل :

$$Q = 3\ dm^3 \cdot 0{,}9 \frac{kg}{dm^3} \cdot \frac{1{,}7\ kJ}{kg \cdot K} \cdot 25\ K = 115\ kJ$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

$$Q = c \cdot m\,(\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

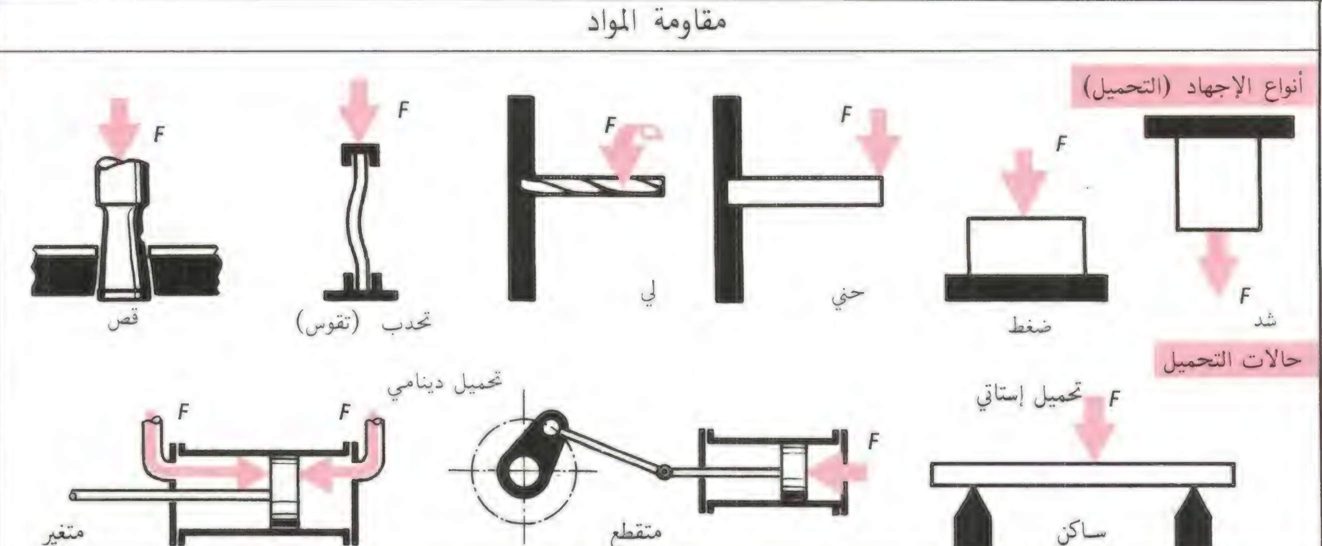
$$\Delta\vartheta = \frac{Q}{c \cdot m};\quad m = \frac{Q}{c \cdot \Delta\vartheta}$$



مقاومة المواد

أنواع الإجهاد (التحميل)

حالات التحميل



مقاومة المادة: هي المقاومة الداخلية لجزيئات المادة ضد تأثير القوى الخارجية (كالشد والضغط ... إلخ)، وتعتمد على قوة ترابط الجزيئات.

مقاومة الكسر σ: هي مقدار التحميل لكل $1\ mm^2$ (بالشد أو الضغط ... إلخ) الذي تنكسر عنده عينة اختبار قياسية (وحدة مقاومة الشد σ_B ومقاومة الضغط σ_d هي (N/mm^2).

الإجهاد المسموح به σ_{all}: (الإجهاد المسموح به للشد أو الضغط أو ... إلخ) هو مقدار التحميل لكل cm^2 (أو mm^2) الذي لا يسبب – بصورة مؤكدة – تغيرا مستديما في شكل القطعة وتتراوح قيمة الإجهاد المسموح به – بحسب حالة التحميل ونوع الإجهاد ومتطلبات الأمان – من $\frac{1}{3}$ إلى $\frac{1}{15}$ من قيمة مقاومة الكسر.

الإجهادات المسموح بها σ_{all} (daN/mm^2) (قيم موصى بها)

حالة التحميل		مادة التصنيع St 34	St 50	GG – 26	GS – 38
شد	I	12	15	7	11
	II	7,5	10	5,5	8,5
	III	6	8	4	6
ضغط	I	12	15	10	11
	II	7,5	10	7,5	8,5
	III	–	–	–	–
قص مستعرض	I	9,6	12	7	9
	II	6	7,2	5,5	7
	III	4,8	6	4	5
حني	I	12	15	7,5	11
	II	7,5	9	6	9
	III	6	7,5	5	6,8

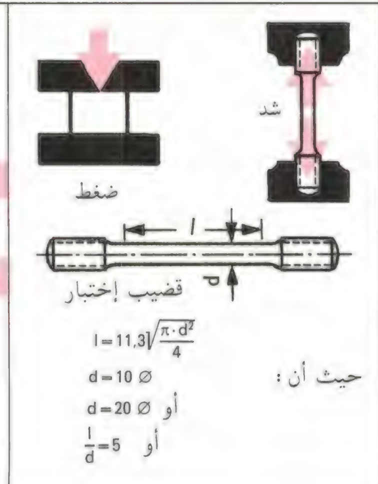
إجهادات الشد المسموح بها للخطوط الهوائية طبقا لتعليمات VDE 0210 σ_{all} (daN/mm^2)

النوع	σ_{all}
الخطوط النحاسية المصمتة	12
الحبال النحاسية	19
الحبال البرونزية طراز III	35
الحبال البرونزية طراز II	30
الحبال البرونزية طراز I	24
سبيكة الألدري	12
حبال الفولاذ والألومنيوم	11
حبال الألومنيوم	8

مقاومة الشد لنحاس الموصلات للأسلاك المعزولة بوحدة (daN/mm^2) طبقاً للمواصفات القياسية DIN 40500

للأقطار	
من 0,03 mm إلى 0,09 mm	32
فوق 0,09 mm إلى 0,4 mm	30
فوق 0,4 mm إلى 6 mm	28 – 27

مقاومة الشد ومقاومة الضغط



تحدد مقاومة الشد بواسطة اختبار الشد على قضيب اختبار قياسي. ويتم حسابها بمعلومية القوة القصوى (F) اللازمة لكسر العينة أثناء الاختبار، ومساحة المقطع (A) لقضيب العينة.

الوحدات: القوة (F) بوحدة (N) ومساحة المقطع (A) بوحدة (mm^2) وإجهاد الشد وكذلك مقاومة الشد (σ) بوحدة (daN/mm^2).

مثال: إحسب إجهاد الشد إذا كان التحميل اللازم للكسر هو:

$F = 110000\ N,\ d = 20\ \varnothing$

$$\sigma = \frac{110000\ N}{\frac{\pi \cdot 20^2}{4}\ mm^2} = 350\ N/mm^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{\sigma}$$

$$F = A \cdot \sigma$$

مقاومة القص

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$F = A \cdot \tau$$

$$A = \frac{F}{\tau}$$

يمكن اعتبار إجهادات القص المسموح بها بمقدار 4/5 قيم إجهادات الشد المسموح بها .

الوحدات : القوة (F) بوحدة (N) ومساحة المقطع (A) بوحدة (cm^2) إجهاد القص المسموح به (τ) ووحداته هي (N/cm) أو (daN/cm^2) .

مثال : مساحة مقطع مسمار البرشام $A = 2{,}27\ cm^2$ (برشام Ø 16) و $\tau = 600\ daN/cm^2$ أوجد القوة F .

الحل : $F = 600\ daN/cm^2 \cdot 2{,}27\ cm^2 = 13{,}62\ kN$

مقاومة الحني

$$M_b = F \cdot l$$

$$M_b = W \cdot \sigma_b$$

$$W = \frac{M_b}{\sigma_b}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W}$$

لأجل

$$W = \frac{b\,h^2}{6}$$

يتوقف معامل المقطع (W) على :

أ) شكل المقطع

ب) اتجاه الإجهاد الواقع على المقطع

معامل المقطع = المقاومة الداخلية للجزيئات ضد تأثير عزم الحني ويعتبر معامل المقطع مقدارا ثابتا للمقطع .

الوحدات : عزم الحني (M_b) بوحدة (Nm) أو (Ncm) ومساحة المقطع (A) بوحدة (cm^2) ومعامل المقطع (W) بوحدة (cm^3) وإجهاد الحني (σ_b) بوحدة (N/cm^2)

مثال : عمود طوله $l = 500\ mm$ محمل من جهة واحدة بقوة $F = 1200\ N$ ، $\sigma_{all} = 6000\ N/cm^2$ أوجد معامل مقطعه .

الحل :

$$M_b = 1200\ N \cdot 50\ cm = 60000\ Ncm$$

$$W = \frac{60000\ Ncm}{6000\ N/cm^2} = 10\ cm^3$$

$M_a = M_b,\ A_a = A_b$

$W_a > W_b$

حساب ومقارنة معاملات المقطع

	مستطيل (b أفقي)	مستطيل (h رأسي)	مربع	دائرة
حساب معامل المقطع (W) بوحدة (cm^3)	$\frac{b \cdot h^2}{6}$	$\frac{b \cdot h^2}{6}$	$\frac{h^3}{6}$	$\frac{\pi d^3}{32}$
لنفس مساحة المقطع A ($A = 50\ cm^2$)	b = 10 h = 5	b = 5 h = 10	h = 7,07	d = 8
W بوحدة cm^3	42	83	57	50

	أنبوب	مقطع I	مقطع H
حساب معامل المقطع (W) بوحدة (cm^2)	$\frac{D^4 - d^4}{10\,D}$	$\frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6\,H}$	$\frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{6\,H}$
لنفس مساحة المقطع A ($A = 50\ cm^2$)	D = 25,4 s = 0,65	(لم تعد الكمرة I 25 قياسية, $A = 49{,}7\ cm^2$)	
W بوحدة cm^3	305	397	46

مقاومة اللي

$$M_t = F \cdot l$$

$$M_t = W_r$$

$$\tau = \frac{M_t}{W}$$

$$W = \frac{M_t}{\tau}$$

يحدث إجهاد اللي نتيجة لتأثير عزم الدوران .

الوحدات : عزم الدوران (M_t) بوحدة (Nm) أو (Ncm) ومعامل المقطع (W) بوحدة (cm^3) وإجهاد اللي المسموح به (τ) بوحدة (N/cm^2)

مثال : أوجد القوة (F) المؤثرة على الذراع بالشكل المبين إذا كانت :

$W = 12\ cm^3,\quad \tau = 6000\ N/cm^2,\quad l = 300\ mm$

الحل : $M_t = 12\ cm^3 \cdot 6000\ N/cm^2 = 72000\ Ncm$

$$F = \frac{72000\ Ncm}{30\ cm} = 2400\ N$$



الجهود الـكهربائية (الڤولطيات)

الجهد الإسمي : هو الجهد الذي يطلق على شبكة كهربائية أو جهاز تشغيل كهربائي . وتنسب إليه الخواص التشغيلية للجهاز الـكهربائي .
جهد التشغيل : يسمى الجهد الإسمي لجهاز كهربائي بجهد التشغيل أيضـا .

الجهود الإسمية الأقل من 100 V — طبقا لتعليمات VDE 0175

المجموعة المفضلة لجهود الـكهربائية (V) : 80 — 60 — [1]) 42 — 40 — 24 — 12 — 6 — 4 — 2

الجهود الإسمية لمجالات استخدام معينة — VDE 0175

تجهيزات الإضـاءة

مغذاة من خلايا جافة			مغذاة من مراكم أو مولدات أو محولات									
1,5	2,5	3,5	2	2,5	4	6	8	12	24	40	60	80

مستهلك التيار مغذّى من محولات الأجراس الـكهربائية			لعبة أطفال كهربائية					محركات كهربائية صغيرة للأغراض المهنية			
2	4	6	2	4	6	20	24	12	24	40	60

أجهزة التسخين الـكهربائية			الأجهزة الطبية الـكهربائية							تجهيزات الوقاية والتحكم	
12	24	40	2	2,5	3,5	4	6	8	12	24	60

تجهيزات الاتصـالات والتحكم عن بعد											المركبات العاملة بالمراكم: العربات الـكهربائية ومايشـابهها			المركبات العاملة بالمراكم: العربات الـكهربائية للمناجم				المكنات المساعدة والمعدات الـكهربائية في السيارات		
1,5	2	4	6	12	20	24	40	48	60	80	24	40	80	60	72	80	96	6	12	24

الجهود الإسمية وجهود التوالي من 100 V إلى 380 kV — طبقا لتعليمات VDE 0175

جهد التوالي : هو الجهد القياسي الذي يصمم عليه العزل الـكهربائي في جهاز كهربائي

تيار مستمر	الجهد الإسمي (V)	110	220	440	600	750	1200	1500	2400	3000		
	جهد التوالي (V)	110	250	440	600	800	1200	1500	–	3000		
تيار متردد وتيار ثلاثي الأطوار (دوّار) 50 Hz	الجهد الإسمي (V)	100	125	220	380	500	3000	5000	6000	10000 إلى 380 kV		
	جهد التوالي (V)		125	250	380	500	750	1000	1500	2000	3000	6000 إلى 380 kV
تيار متردد أحادي الطور $16\frac{2}{3}$ Hz	الجهد الإسمي (V)	100	200	220	1000	6000	15000	60000	110000			
	جهد التوالي (V)			250	1000	6000	10000	15000	20000	إلى 110 kV		

تسري الجهود الإسمية أيضـا لأجهزة التشغيل الـكهربائية التي يمكن اعتبارها مستهلـكة للتيار الـكهربائي أيضـا .

الجهود الإسمية الأكبر من 100 V للمكنات الـكهربائية — طبقا لتعليمات VDE 0530

تيار مستمر: المحركات		تيار مستمر: المولدات		تيار مستمر: مولدات لقطارات السكك الحديدية		تيار أحادي الطور وتيار ثلاثي الأطوار 50 Hz: المحركات			تيار أحادي الطور وتيار ثلاثي الأطوار 50 Hz: المولدات			تيار أحادي الطور $16\frac{2}{3}$ Hz	
110	600	115	460	250	1320	125	500	6000	130	525	6300	المحركات: 220 V	
220	750	230	630	660	1650	220	3000	10000	230	3150	10500	المولدات	
440				825	3300	380	5000	15000	400	5250	15750	6600	16500

معدل الخرج (قيم متوسطة) للجهد الـكهربائي لبعض منابع الجهد بالڤولط

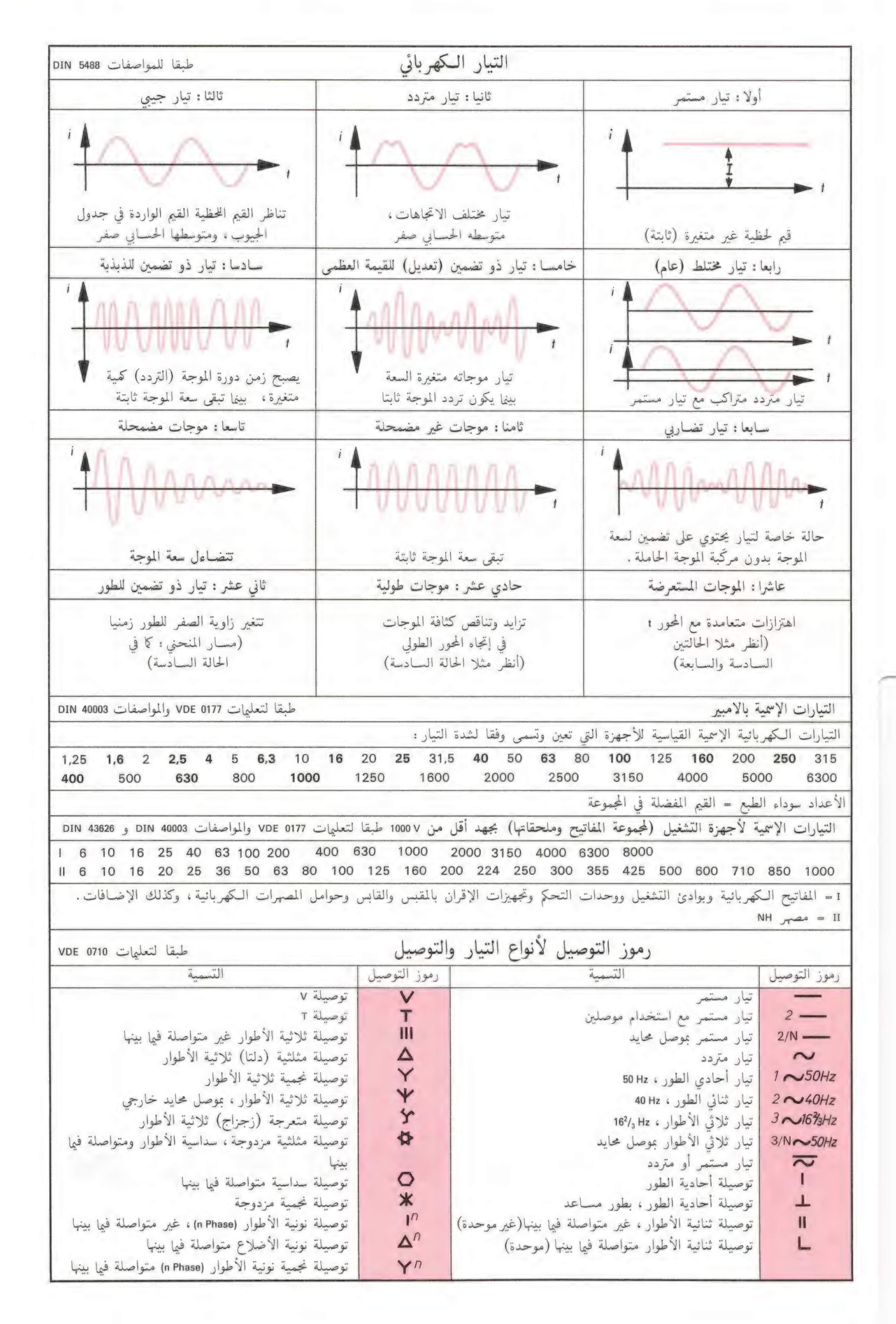
المنبع	V	المنبع	V
ميكروفون بمكثف مع مضخم	0,003	خلية ضوئية	0,05
ميكروفون شريطي	0,002	الناقل البلوري للذبذبات الصوتية (في الجراموفون)	0,1
ميكروفون حبيبات الـكربون	0,03	ناقل الذبذبات الصوتية (بالجراموفون)	0,2...3
ميكروفون بلوري بدون مضخم	0,03	مزدوجة حرارية من الحديد والـكونستنتان عند درجة 100°C	0,00537
النقل السلـكي منخفض التردد للبرامج الإذاعية	1,5		

السلسلة الـكهركيميائية (الإلـكتروليتية) للجهد

العنصر	الجهد
فلور	2,0
ذهب	1,38
بلاتين	0,86
فضة	0,80
زئبق	0,78
كربون	0,75
نحاس	0,34
بزموت	0,23
أنتيمون	0,20
هيدروجين	0
رصاص	0,13
قصدير	0,14
نيكل	0,25
كوبلت	0,29
كادميوم	0,40
حديد	0,44
كروم	0,56
زنك	0,76
منجنيز	1,07
ألومنيوم	1,28
مغنسيوم	1,87
بوتاسيوم	2,92

Scale: + 1,6 — 1,4 — 1,2 — 1,0 — 0,8 — 0,6 — 0,4 — 0,2 — 0 — 0,2 — 0,4 — 0,6 — 0,8 — 1,0 — 1,2 — 1,4 — 1,6 — 1,8 −

[1]) كجهد متردد فقط



التيار الـكهربائي

طبقا للمواصفات DIN 5488

ثالثا : تيار جيبي	ثانيا : تيار متردد	أولا : تيار مستمر
تناظر القيم اللحظية القيم الواردة في جدول الجيوب ، ومتوسطها الحسابي صفر	تيار مختلف الاتجاهات ، متوسطه الحسابي صفر	قيم لحظية غير متغيرة (ثابتة)
سادسا : تيار ذو تضمين للذبذبة	**خامسا : تيار ذو تضمين (تعديل) للقيمة العظمى**	**رابعا : تيار مختلط (عام)**
يصبح زمن دورة الموجة (التردد) كمية متغيرة ، بينما تبقى سعة الموجة ثابتة	تيار موجاته متغيرة السعة بينما يكون تردد الموجة ثابتا	تيار متردد متراكب مع تيار مستمر
تاسعا : موجات مضمحلة	**ثامنا : موجات غير مضمحلة**	**سابعا : تيار تضاربي**
تتضاءل سعة الموجة	تبقى سعة الموجة ثابتة	حالة خاصة لتيار يحتوي على تضمين لسعة الموجة بدون مركبة الموجة الحاملة .
ثاني عشر : تيار ذو تضمين للطور	**حادي عشر : موجات طولية**	**عاشرا : الموجات المستعرضة**
تتغير زاوية الصفر للطور زمنيا (مسار المنحني : كما في الحالة السادسة)	تزايد وتناقص كثافة الموجات في إتجاه المحور الطولي (أنظر مثلا الحالة السادسة)	اهتزازات متعامدة مع المحور t (أنظر مثلا الحالتين السادسة والسابعة)

التيارات الإسمية بالامبير

طبقا لتعليمات VDE 0177 والمواصفات DIN 40003

التيارات الـكهربائية الإسمية القياسية للأجهزة التي تعين وتسمى وفقا لشدة التيار :

1,25	**1,6**	2	**2,5**	**4**	5	**6,3**	10	**16**	20	**25**	31,5	**40**	50	**63**	80	**100**	125	**160**	200	**250**	315
400	500	**630**	800	**1000**	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300									

الأعداد سوداء الطبع = القيم المفضلة في المجموعة

التيارات الإسمية لأجهزة التشغيل (لمجموعة المفاتيح وملحقاتها) بجهد أقل من 1000 V طبقا لتعليمات VDE 0177 والمواصفات DIN 40003 و DIN 43626

I	6	10	16	25	40	63	100	200	400	630	1000	2000	3150	4000	6300	8000						
II	6	10	16	20	25	36	50	63	80	100	125	160	200	224	250	300	355	425	500	600	710	850	1000

I = المفاتيح الـكهربائية وبوادئ التشغيل ووحدات التحكم وتجهيزات الإقران بالمقبس والقابس وحوامل المصهرات الـكهربائية ، وكذلك الإضافات .

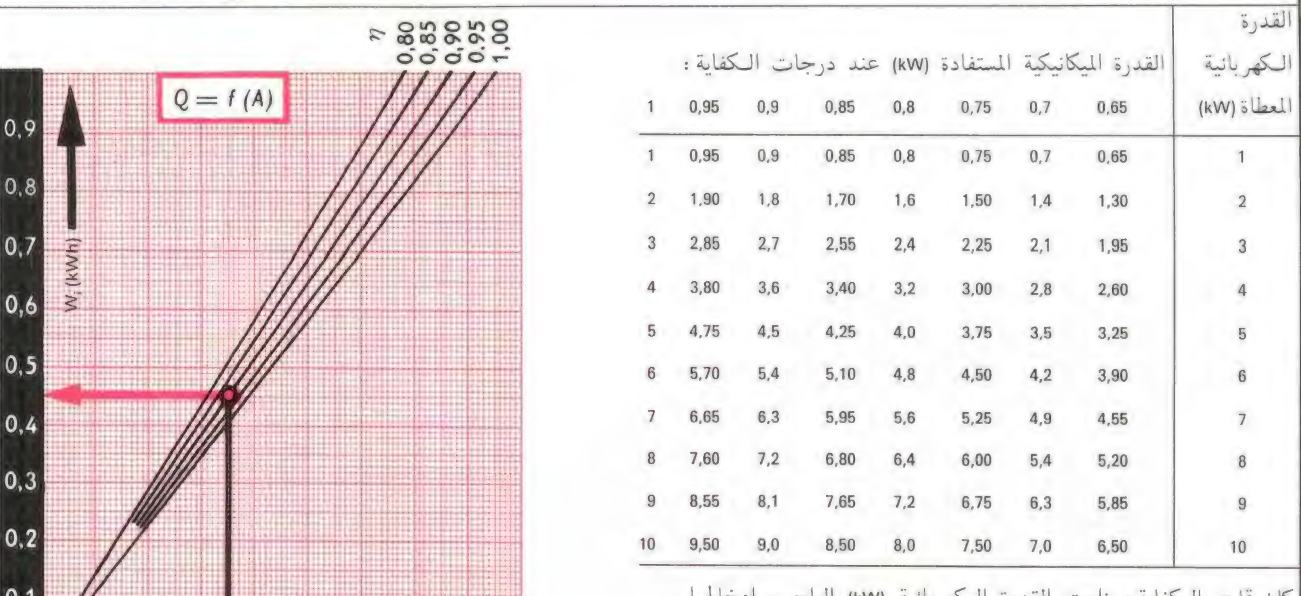
II = مصهر NH

رموز التوصيل لأنواع التيار والتوصيل

طبقا لتعليمات VDE 0710

رموز التوصيل	التسمية	رموز التوصيل	التسمية
—	تيار مستمر	V	توصيلة V
2 —	تيار مستمر مع استخدام موصلين	T	توصيلة T
2/N —	تيار مستمر بموصل محايد	III	توصيلة ثلاثية الأطوار غير متواصلة فيما بينها
~	تيار متردد	Δ	توصيلة مثلثية (دلتا) ثلاثية الأطوار
1 ~ 50Hz	تيار أحادي الطور ، 50 Hz	Y	توصيلة نجمية ثلاثية الأطوار
2 ~ 40Hz	تيار ثنائي الطور ، 40 Hz	Ψ	توصيلة ثلاثية الأطوار ، بموصل محايد خارجي
3 ~ 16⅔Hz	تيار ثلاثي الأطوار ، 16⅔ Hz	⅄	توصيلة متعرجة (زجزاج) ثلاثية الأطوار
3/N ~ 50Hz	تيار ثلاثي الأطوار بموصل محايد	✡	توصيلة مثلثية مزدوجة ، سداسية الأطوار ومتواصلة فيما بينها
≂	تيار مستمر أو متردد	⬡	توصيلة سداسية متواصلة فيما بينها
I	توصيلة أحادية الطور	✱	توصيلة نجمية مزدوجة
⊥	توصيلة أحادية الطور ، بطور مساعد	I^n	توصيلة نونية الأطوار (n Phase) ، غير متواصلة فيما بينها
II	توصيلة ثنائية الأطوار ، غير متواصلة فيما بينها(غير موحدة)	Δ^n	توصيلة نونية الأضلاع متواصلة فيما بينها
L	توصيلة ثنائية الأطوار متواصلة فيما بينها (موحدة)	Y^n	توصيلة نجمية نونية الأطوار (n Phase) متواصلة فيما بينها





القدرة الكهربائية المعطاة (kW)	القدرة الميكانيكية المستفادة (kW) عند درجات الكفاية : 0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
1	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
2	1,30	1,4	1,50	1,6	1,70	1,8	1,90	2
3	1,95	2,1	2,25	2,4	2,55	2,7	2,85	3
4	2,60	2,8	3,00	3,2	3,40	3,6	3,80	4
5	3,25	3,5	3,75	4,0	4,25	4,5	4,75	5
6	3,90	4,2	4,50	4,8	5,10	5,4	5,70	6
7	4,55	4,9	5,25	5,6	5,95	6,3	6,65	7
8	5,20	5,4	6,00	6,4	6,80	7,2	7,60	8
9	5,85	6,3	6,75	7,2	7,65	8,1	8,55	9
10	6,50	7,0	7,50	8,0	8,50	9,0	9,50	10

كلما قلت الكفاية ، زادت القدرة الكهربائية (kW) الواجب إدخالها للحصول على قدرة ميكانيكية معينة ، وقلت القدرة الميكانيكية (kW) المستفادة .

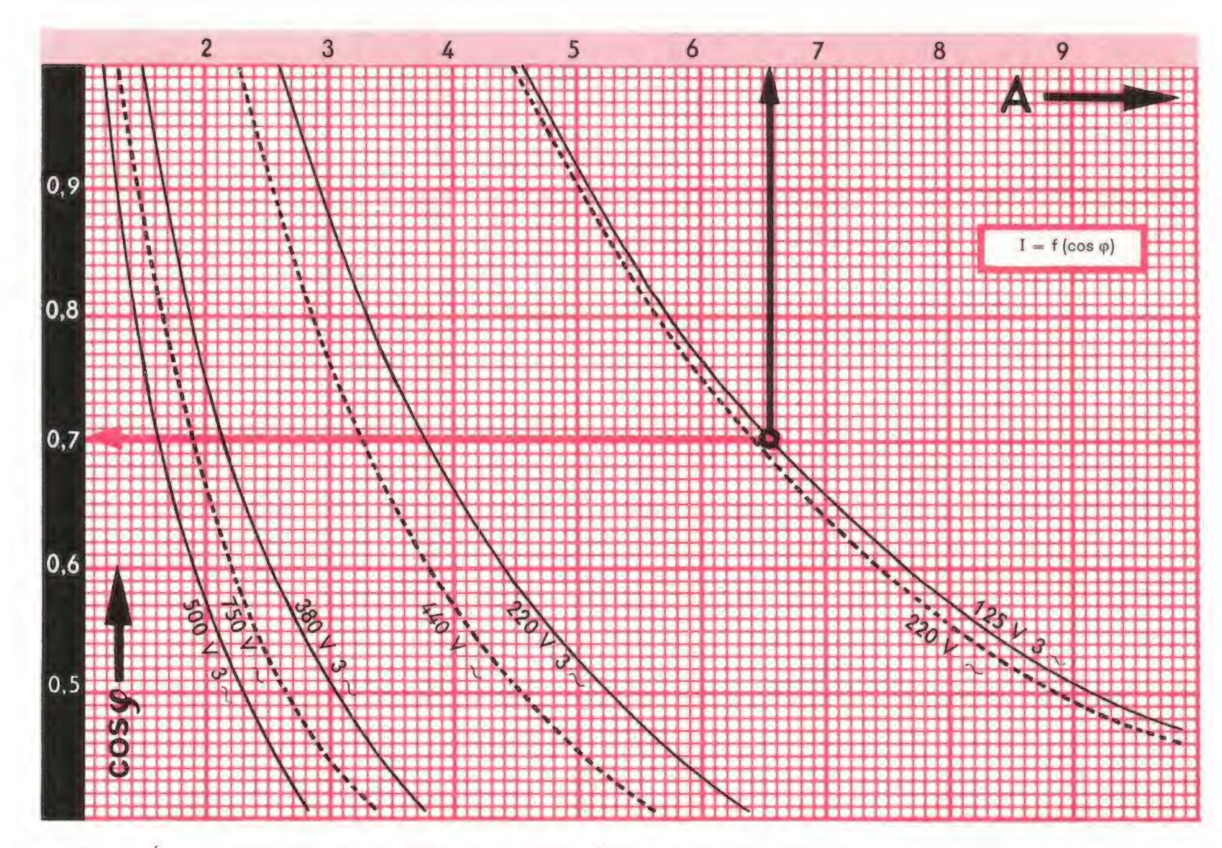
مثال (١) : عند $\eta = 1,0$ تكون 3 kW ≙ 3 kW

مثال (٢) : عند $\eta = 0,90$ تكون 4,5 kW ≙ 5 kW

كلما قلت الكفاية ، نتجت كمية حرارة (kJ) أقل ، لنفس الشغل الكهربائي المبذول بالكيلوواط ساعة (kWh)

مثال : عند $\eta = 0,90$ تكون : 0,45 kWh ≙ 1470 kJ

استهلاك التيار بالأمبير A لكل كيلوواط واحد (1 kW) من القدرة المستهلكة



استهلاك التيار بالأمبير (A) لكل 1 kW من القدرة المستهلكة : التيار المتردد ثلاثي الأطوار موضح بالخط الكامل (——) ، التيار المتردد أحادي الطور موضح بالخط المنقط (. . . . . .) ، كلما صغرت $\cos\varphi$ زاد استهلاك التيار مع ثبات جهد الخط الخارجي .

مثال : من المنحنى نجد أن استهلاك التيار I=6,6 A عندما يكون جهد الخط الخارجي V=125 V ومعامل القدرة $\cos\varphi = 0,70$

شدة التيار لكل كيلوواط واحد (1 kW) من القدرة المستهلكة في حالة التيار المستمر

110 V	220 V	440 V	660 V
9,1 A	4,55 A	2,28 A	1,60 A

التحميل المفاعل في دائرة التيار المتردد

القيم المفاعلة : تقع القيم المفاعلة على المحور الرأسي وهي :

الجزء المفاعل للتيار : $I_r = I \cdot \sin \varphi$ وهبوط الجهد على المقاومة المفاعلة : $U_r = I \cdot X = U \cdot \sin \varphi$ والقدرة المفاعلة : $Q = S \cdot \sin \varphi$ والمقاومة المفاعلة : $X = Z \cdot \sin \varphi$ والمواصلة المفاعلة : $B = Y \cdot \sin \varphi$

تقع على أنصاف الأقطار المرقمة من °0 إلى °90 :

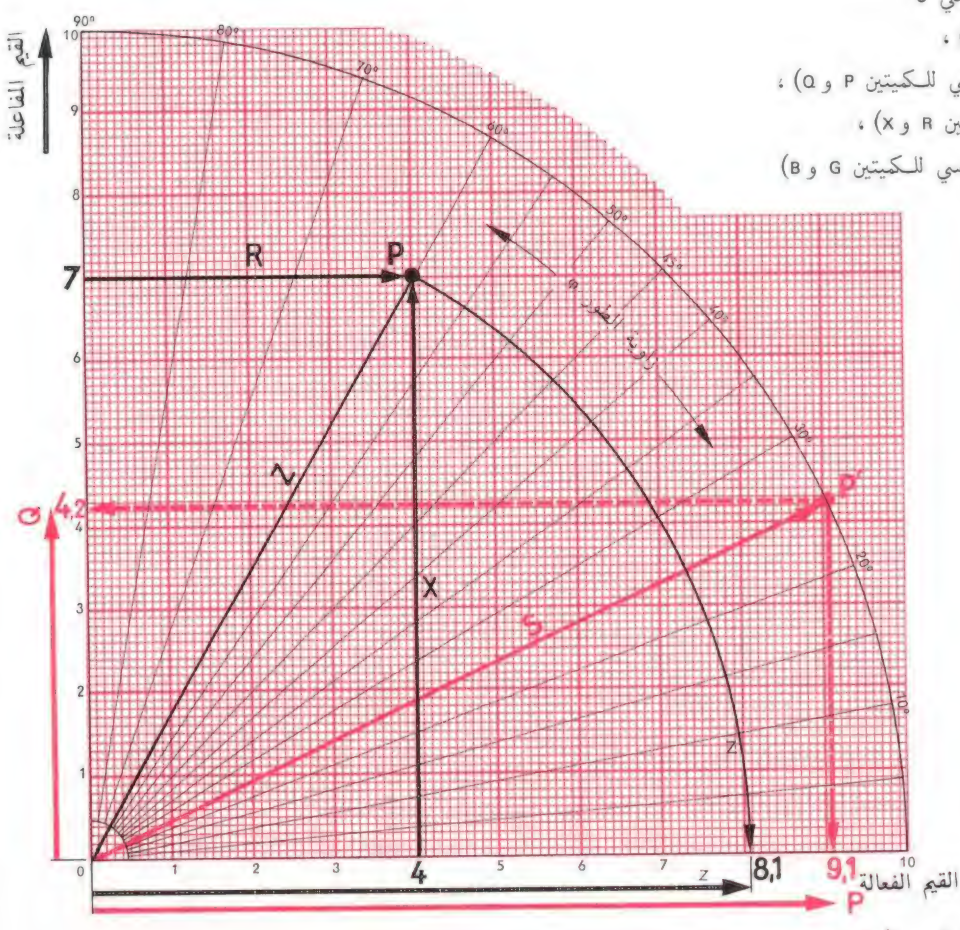
القيمة المقاسة للتيار I أو الجهد الكلي U

(المجموع الهندسي للكميتين U_r و U_a) ،

والقدرة الظاهرية S (المجموع الهندسي للكميتين P و Q) ،

والمعاوقة Z (المجموع الهندسي للكميتين R و X) ،

والمواصلة الظاهرية Y (المجموع الهندسي للكميتين G و B)



القيم الفعالة : تقع القيم الفعالة على المحور الأفقي وهي :

الجزء الفعال للتيار $I_a = I \cdot \cos \varphi$ وهبوط الجهد على المقاومة الأومية $U_a = I \cdot R = U \cdot \cos \varphi$ والقدرة الفعالة $P = S \cdot \cos \varphi$ ، والمقاومة الأومية $R = Z \cdot \cos \varphi$ والمواصلة الفعالة $G = Y \cdot \cos \varphi$

مثال (١) : أوجد المعاوقة (Z) إذا كانت :

$R = 4\,\Omega$

$X = 7\,\Omega$

$\varphi = 60°$

الحل :

١ – P هي نقطة تقاطع كل من : $R = 4\,\Omega$ و $X = 7\,\Omega$

٢ – يرسم قوس قطره هو المسافة من 0 إلى P ومركزه 0 ليتقاطع مع المحور الأفقي في النقطة 8,1 .

٣ – $Z = 8{,}1\text{ cm} \triangleq 8{,}1\,\Omega$

مثال (٢) : أوجد كلاً من القدرة الفعالة (P) والقدرة المفاعلة (Q) إذا كانت :

$S = 10\text{ kVA}$

$\varphi = 25°$

الحل :

١ – تؤخذ المسافة $10\text{ kVA} \triangleq 10\text{ cm}$ (النقطة P') من نقطة 0 على نصف القطر الذي يصنع زاوية °25 مع الأفقي

٢ – يسقط عمود من نقطة P' على المحور الأفقي لينتج أن : $P = 9{,}1\text{ cm} \triangleq 9{,}1\text{ kW}$

٣ – يرسم من النقطة P' خط مواز للمحور الأفقي ليتقاطع مع المحور الرأسي فتكون : $Q = 4{,}2\text{ cm} \triangleq 4{,}2\text{ kvar}$

الملف :

المقاومة المفاعلة : $X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L\ (\Omega)$

المواصلة المفاعلة : $B_L = \frac{1}{\omega \cdot L} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}\ (S)$

الوحدات : التردد (f) بوحدة (Hz) والمحاثة (L) بوحدة (H) وسعة المكثف (C) بوحدة (F)

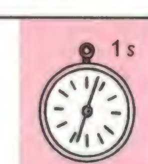
المكثف :

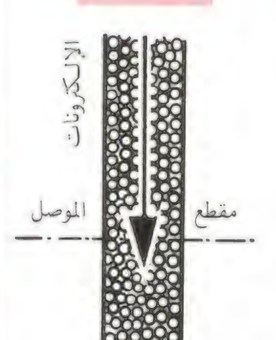
المقاومة المفاعلة : $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}\ (\Omega)$

المواصلة المفاعلة : $B_C = \omega \cdot C = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C\ (S)$



الهندسة الكهربائية – القوانين الأساسية





التيار الكهربائي :
يحمل الإلكترون أصغر كمية للشحنة الكهربائية يمكن الاستدلال على وجودها (الشحنة الأولية)، ويرمز له بالرمز e. أما وحدة الشحنة (كمية الكهرباء) فهي الكولوم (C) وتوجد بين الكميتين العلاقة التالية :

$$e = \frac{1,602}{10^{19}} C$$

$$1C = \frac{10^{19}}{1,6} e = 6,25 \cdot 10^{18} e$$

شدة التيار I= كمية الكهرباء (Q) التي تسري خلال مساحة معينة (خلال مقطع موصل) خلال وحدة الزمن (1 s).

الوحدات
التيار I: ويقاس بوحدة الأمبير (A) وكمية الكهرباء (Q) وتقاس بوحدة الكولوم (C) والزمن (t) ويقاس بالثانية (s).

مثال : تمر كمية كهرباء قدرها 6 C خلال موصل في ثانيتين، فتكون شدة التيار :

$$I = \frac{6\,C}{2\,s} = 3\,A$$

$$I = \frac{Q}{t}$$

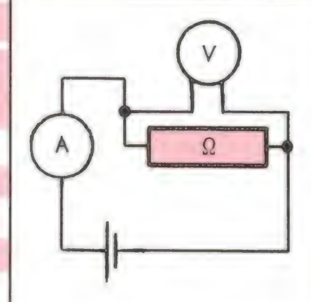
$$Q = I \cdot t$$

$$t = \frac{Q}{I}$$

قانون أوم







الوحدات : التيار (I) ووحدته أمبير (A) والجهد (U) ووحدته ڤولط (V) والمقاومة (R) ووحدتها أوم (Ω).

مثال : وصلت المقاومة 16 Ω بجهد 4 V إحسب شدة التيار (I).

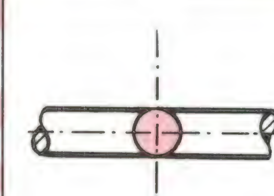
الحل : $I = \frac{4\,V}{16\,\Omega} = 0,25\,A$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$U = I \cdot R$$

كثافة التيار :



كثافة التيار = أمبير لكل $1\,mm^2$ من مساحة مقطع الموصل.

الوحدات : التيار (I) ووحدته أمبير (A) ومساحة مقطع الموصل (A) ووحدتها (mm^2)، كثافة التيار (S) ووحدتها أمبير لكل مليمتر مربع (A/mm^2).

مثال : يمر تيار شدته 18 A خلال سلك مساحة مقطعه $6\,mm^2$ أوجد كثافة التيار (S) :

الحل : $S = \frac{18\,A}{6\,mm^2} = 3\,A/mm^2$

$$S = \frac{I}{A}$$

$$I = A \cdot S$$

$$A = \frac{I}{S}$$

مقاومة الموصل (R)

1 m	2 m	1 m	2 m
1 mm^2	1 mm^2	2 mm^2	2 mm^2
R	2 R	$\frac{R}{2}$	$\frac{2 \cdot R}{2}$

الوحدات : الطول (l) ووحدته متر (m) والمقاومة (R) ووحدتها أوم (Ω) والموصلية (ϰ) ووحدتها :

$$\frac{\text{متر}}{\text{أوم} \times \text{مليمتر مربع}} \quad \text{أو} \quad \frac{\text{سيمنز} \times \text{متر}}{\text{مليمتر مربع}}$$

$m/\Omega \cdot mm^2$ أو $\frac{S \cdot m}{mm^2}$: $m/(\Omega \cdot mm^2) = S \cdot m/mm^2$

المقاومة النوعية (ϱ) ووحدتها أوم × مليمتر مربع / متر : $\left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}\right)$.

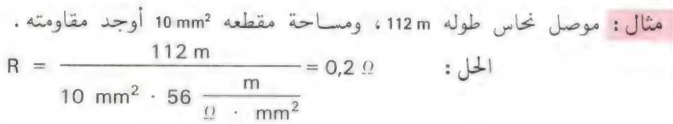
ومساحة المقطع (A) وحدتها (mm^2).

مثال : موصل نحاس طوله 112 m، ومساحة مقطعه $10\,mm^2$ أوجد مقاومته.

الحل :

$$R = \frac{112\,m}{10\,mm^2 \cdot 56\,\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}} = 0,2\,\Omega$$

أو :



$$R = \frac{112\,m \cdot 0,0178\,\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}}{10\,mm^2} = 0,2\,\Omega$$

$$R = \frac{l}{A \cdot \varkappa}$$

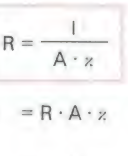
$$l = R \cdot A \cdot \varkappa$$

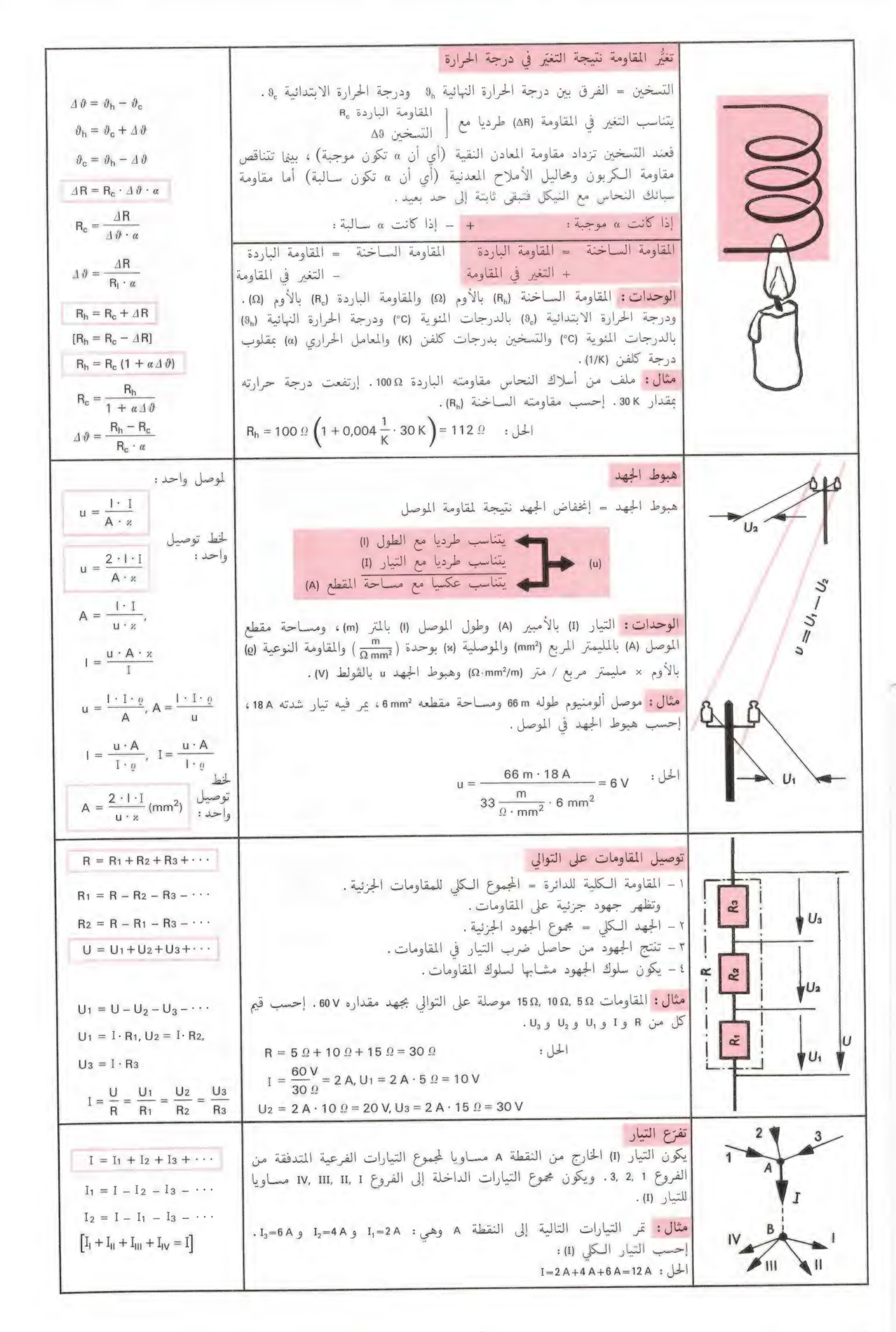
$$A = \frac{l}{R \cdot \varkappa}$$

$$R = \frac{l \cdot \varrho}{A}$$

$$l = \frac{R \cdot A}{\varrho}$$

$$A = \frac{l \cdot \varrho}{R}$$





تغيُّر المقاومة نتيجة التغير في درجة الحرارة

التسخين = الفرق بين درجة الحرارة النهائية ϑ_h ودرجة الحرارة الابتدائية ϑ_c .

يتناسب التغير في المقاومة (ΔR) طرديا مع | المقاومة الباردة R_c ، التسخين $\Delta\vartheta$

فعند التسخين تزداد مقاومة المعادن النقية (أي أن α تكون موجبة) ، بينما تتناقص مقاومة الكربون ومحاليل الأملاح المعدنية (أي أن α تكون سالبة) أما مقاومة سبائك النحاس مع النيكل فتبقى ثابتة إلى حد بعيد .

إذا كانت α موجبة : + — إذا كانت α سالبة : −

المقاومة الساخنة = المقاومة الباردة + التغير في المقاومة — المقاومة الساخنة = المقاومة الباردة − التغير في المقاومة

الوحدات : المقاومة الساخنة (R_h) بالأوم (Ω) والمقاومة الباردة (R_c) بالأوم (Ω) . ودرجة الحرارة الابتدائية (ϑ_c) بالدرجات المئوية (°C) ودرجة الحرارة النهائية (ϑ_h) بالدرجات المئوية (°C) والتسخين بدرجات كلفن (K) والمعامل الحراري (α) بمقلوب درجة كلفن (1/K) .

مثال : ملف من أسلاك النحاس مقاومته الباردة 100 Ω . إرتفعت درجة حرارته بمقدار 30 K . إحسب مقاومته الساخنة (R_h) .

الحل : $R_h = 100\,\Omega \left(1 + 0{,}004 \frac{1}{K} \cdot 30\,K\right) = 112\,\Omega$

$$\Delta\vartheta = \vartheta_h - \vartheta_c$$
$$\vartheta_h = \vartheta_c + \Delta\vartheta$$
$$\vartheta_c = \vartheta_h - \Delta\vartheta$$
$$\Delta R = R_c \cdot \Delta\vartheta \cdot \alpha$$
$$R_c = \frac{\Delta R}{\Delta\vartheta \cdot \alpha}$$
$$\Delta\vartheta = \frac{\Delta R}{R_l \cdot \alpha}$$
$$R_h = R_c + \Delta R$$
$$[R_h = R_c - \Delta R]$$
$$R_h = R_c (1 + \alpha\Delta\vartheta)$$
$$R_c = \frac{R_h}{1 + \alpha\Delta\vartheta}$$
$$\Delta\vartheta = \frac{R_h - R_c}{R_c \cdot \alpha}$$

هبوط الجهد

هبوط الجهد = إنخفاض الجهد نتيجة لمقاومة الموصل

(u) يتناسب طرديا مع الطول (l) ، يتناسب طرديا مع التيار (I) ، يتناسب عكسيا مع مساحة المقطع (A)

الوحدات : التيار (I) بالأمبير (A) وطول الموصل (l) بالمتر (m) ، ومساحة مقطع الموصل (A) بالمليمتر المربع (mm^2) والموصلية (ϰ) بوحدة ($\frac{m}{\Omega\, mm^2}$) والمقاومة النوعية (ϱ) بالأوم × مليمتر مربع / متر ($\Omega \cdot mm^2/m$) وهبوط الجهد u بالڤولط (V) .

مثال : موصل ألومنيوم طوله 66 m ومساحة مقطعه 6 mm² ، يمر فيه تيار شدته 18 A ، إحسب هبوط الجهد في الموصل .

الحل : $u = \frac{66\,m \cdot 18\,A}{33 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 6\,mm^2} = 6\,V$

لموصل واحد :

$$u = \frac{l \cdot I}{A \cdot \varkappa}$$

لخط توصيل واحد :

$$u = \frac{2 \cdot l \cdot I}{A \cdot \varkappa}$$
$$A = \frac{l \cdot I}{u \cdot \varkappa},$$
$$l = \frac{u \cdot A \cdot \varkappa}{I}$$
$$u = \frac{l \cdot I \cdot \varrho}{A},\; A = \frac{l \cdot I \cdot \varrho}{u}$$
$$l = \frac{u \cdot A}{I \cdot \varrho},\quad I = \frac{u \cdot A}{l \cdot \varrho}$$

لخط توصيل واحد :

$$A = \frac{2 \cdot l \cdot I}{u \cdot \varkappa}\,(mm^2)$$

توصيل المقاومات على التوالي

١ – المقاومة الكلية للدائرة = المجموع الكلي للمقاومات الجزئية . وتظهر جهود جزئية على المقاومات .

٢ – الجهد الكلي = مجموع الجهود الجزئية .

٣ – تنتج الجهود من حاصل ضرب التيار في المقاومات .

٤ – يكون سلوك الجهود مشابها لسلوك المقاومات .

مثال : المقاومات 5 Ω, 10 Ω, 15 Ω موصلة على التوالي بجهد مقداره 60 V . إحسب قيم كل من R و I و U_1 و U_2 و U_3 .

الحل :

$R = 5\,\Omega + 10\,\Omega + 15\,\Omega = 30\,\Omega$

$I = \frac{60\,V}{30\,\Omega} = 2\,A,\; U_1 = 2\,A \cdot 5\,\Omega = 10\,V$

$U_2 = 2\,A \cdot 10\,\Omega = 20\,V,\; U_3 = 2\,A \cdot 15\,\Omega = 30\,V$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$$
$$R_1 = R - R_2 - R_3 - \cdots$$
$$R_2 = R - R_1 - R_3 - \cdots$$
$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots$$
$$U_1 = U - U_2 - U_3 - \cdots$$
$$U_1 = I \cdot R_1,\; U_2 = I \cdot R_2,$$
$$U_3 = I \cdot R_3$$
$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3}$$

تفرع التيار

يكون التيار (I) الخارج من النقطة A مساويا لمجموع التيارات الفرعية المتدفقة من الفروع 1, 2, 3 . ويكون مجموع التيارات الداخلة إلى الفروع I, II, III, IV مساويا للتيار (I) .

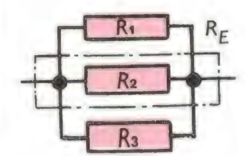
مثال : تمر التيارات التالية إلى النقطة A وهي : $I_1 = 2\,A$ و $I_2 = 4\,A$ و $I_3 = 6\,A$. إحسب التيار الكلي (I) :

الحل : $I = 2\,A + 4\,A + 6\,A = 12\,A$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots$$
$$I_1 = I - I_2 - I_3 - \cdots$$
$$I_2 = I - I_1 - I_3 - \cdots$$
$$[I_I + I_{II} + I_{III} + I_{IV} = I]$$



توصيل المقاومات على التوازي





يمكن اعتبار عدة مقاومات موصلة على التوازي (R_3, R_2, R_1) ، كأنها مقاومة واحدة ذات مقدار معين تسمى بالمقاومة المكافئة R_E .

١ - عندما تكون جميع المقاومات الموصلة على التوازي متساوية :
المقاومة المكافئة = إحدى المقاومات مقسومة على عدد المقاومات الموصلة على التوازي .

$$R_E = \frac{R}{n}$$

٢ - عندما تكون المقاومتان الموصلتان على التوازي مختلفتين في المقدار :
المقاومة المكافئة = حاصل ضرب المقاومتين مقسوما على مجموعهما .

$$R_E = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = \frac{R_2 \cdot R_E}{R_2 - R_E}$$

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot R_E}{R_1 - R_E}$$

٣ - المواصلة الكلية لأية دائرة تحتوي على مقاومات موصلة على التوازي تساوي مجموع المواصلات الجزئية .

$$G = G_1 + G_2 + G_3 +$$

$$G_1 = G - G_2 - G_3 - \ldots$$

$$G_2 = G - G_1 - G_3 - \ldots$$

٤ - يتوزع التيار المار في دائرة تواز على الفروع المفردة بحسب مواصلة كل فرع .

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{G_1}{G_2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

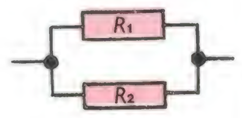
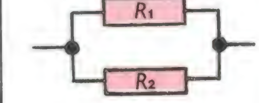
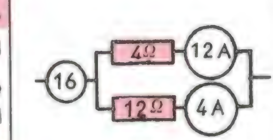
$$I_1 = I\frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I\frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

الوحدات : المواصلة (G) بالسيمنز (S) $\left(G = \frac{1}{R}\right)$

مثال (١) :
المقاومات $R_1 = 4\,\Omega$, $R_2 = 6\,\Omega$, $R_3 = 12\,\Omega$ موصلة على التوازي بالجهد 24 V أوجد قيمة G و R_E و I .

الحل : $I = \frac{24\,V}{2\,\Omega} = 12\,A \quad R_E = 2\,\Omega \quad G = \frac{1}{4}S + \frac{1}{6}S + \frac{1}{12}S = \frac{1}{2}S,$

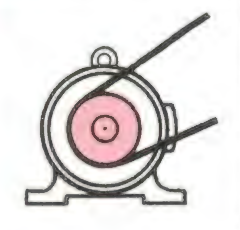




مثال (٢) : أوجد قيمة كل من I_1 و I_2 إذا كانت : $R_1 = 4\,\Omega,\ R_2 = 12\,\Omega,\ I = 16\,A$

الحل : $I_1 = 16\,A \frac{12\,\Omega}{4\,\Omega + 12\,\Omega} = 12\,A$

$I_2 = 16\,A \frac{4\,\Omega}{4\,\Omega + 12\,\Omega} = 4\,A$

القدرة الكهربائية P



١ - القدرة الكهربائية هي حاصل ضرب التيار في الجهد

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{P}{U} \qquad U = \frac{P}{I}$$

٢ - القدرة الكهربائية هي حاصل ضرب المقاومة في مربع شدة التيار

$$P = I^2 \cdot R$$

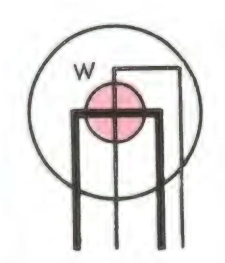
$$R = \frac{P}{I^2} \qquad I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

٣ - P ← تتناسب طرديا مع مربع U
← تتناسب عكسيا مع R

$$P = \frac{U^2}{R}$$

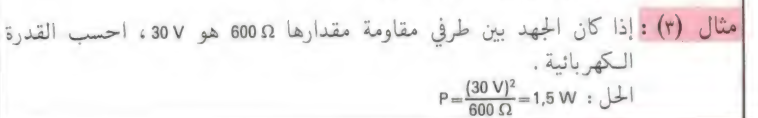
$$R = \frac{U^2}{P} \qquad U = \sqrt{P \cdot R}$$

الوحدات :
القدرة (P) بالواط (W)
التيار (I) بالأمبير (A)
الجهد (U) بالفولط (V)
المقاومة (R) بالأوم (Ω)



مثال (١) : يستهلك فرن تسخين تيارا شدته 10 A إذا كان متصلا بجهد قدره 220 V . احسب القدرة الكهربائية .
الحل : $P = 220\,V \cdot 10\,A = 2200\,W$

مثال (٢) : يمر تيار شدته 0,2 A خلال مقاومة مقدارها 500 Ω . أوجد القدرة الكهربائية .
الحل : $P = (0{,}2\,A)^2 \cdot 500\,\Omega = 20\,W$



مثال (٣) : إذا كان الجهد بين طرفي مقاومة مقدارها 600 Ω هو 30 V ، احسب القدرة الكهربائية .
الحل : $P = \frac{(30\,V)^2}{600\,\Omega} = 1{,}5\,W$

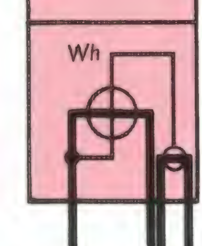
الشغل الكهربائي :

الشغل الكهربائي هو حاصل ضرب القدرة الكهربائية في زمن تأثير القدرة .

$$W = P \cdot t$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$W = U \cdot I \cdot t$$

الوحدات : الشغل الكهربائي (W) بالجول (J) أو الواط ثانية (Ws) ، أو بالواط ساعة (Wh) ، أو بالكيلوواط ساعة (kWh)

مثال : فرن كهربائي قدرته 1,5 kW يعمل لمدة 4 h . إحسب الشغل الكهربائي المستهلك .
الحل : $W = 1{,}5\,kW \cdot 4\,h = 6\,kWh$

حساب القدرة

المضخات

يتناسب احتياج القدرة لمضخة طرديا مع :

أ) كمية تصريف المـاء Q

ب) الارتفاع المـانومتري للتصريف H

الارتفاع المـانومتري للتصريف (H) = الارتفاع الـكلي للتصريف H_t + مقاومة الضخ H_R التي يعبر عنها بارتفاع تصريف إضـافي .

تتناسب كمية التصريف مع سرعة الدوران ولذا يتم التحكم في كمية التصريف بتغيير سرعة الدوران .

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot g \cdot \varrho}{\eta}$$

$$H = H_t + H_R$$

الوحدات :

كمية المـاء المتصرفة في الثانية (Q) بوحدة (m^3/s) . إرتفاع التصريف (H) بوحدة (m) والقدرة المطلوبة (P) بوحدة (W) وتسـارع الجاذبية الأرضية هو $g = 9{,}81\ m/s^2$ والـكثافة (ϱ) بوحدة (kg/m^3) .

$$1\ W = 1\ Nm/s = 1\ kgm^2/s^3$$

الـكفاية : للمضخات الترددية : من 0,80 إلى 0,95 .

لمضخات الطرد المركزي : من 0,40 إلى 0,75

الفقد (H_R) لأنبوب فولاذي جديد قطره 2 بوصة (مضخة المياه المنزلية) بالأمتار (m)						الفقد الإضـافي
طول الأنبوب (m)	قدرة التصريف (l/s)					
	1	1,5	2	2,5	3	١) تكافئ مقاومة الضخ لـكوع مقاومة الضخ لأنبوب مستقيم طوله 5 m .
25	0,3	0,5	0,9	1,3	1,9	٢) للصمام مقاومة تكافئ مقاومة أنبوب يتراوح طوله من 20 m إلى 30 m .
50	0,5	1,0	1,7	2,6	3,8	
75	0,8	1,5	2,6	3,9	5,7	
100	1,0	2,0	3,4	5,2	7,6	

مثال : مضخة مياه منزلية (مضخة طرد مركزي) تستخدم لسحب المـاء من 11 m تحت مستوى سطح الأرض ، وكان إرتفاع الخزان فوق سطح الأرض 2 m ، وضغط بدء التشغيل للمفتاح الإنضغاطي $17\ N/cm^2$ فوق الضغط الجوي وطول خط الأنابيب 45 m وعدد المنحنيات (الأكواع) 3 وعدد الصمامات 2 . فإذا علم أن $Q = 2{,}5\ l/s$ و $\eta = 0{,}60$ ، أوجد قدرة المحرك (P) اللازمة بالواط .

الحل :

إرتفاع التصريف : $H_t = 11\ m + 2\ m + 17\ m = 30\ m$

مقاومة خطوط الانابيب : $50\ m + 3 \cdot 5\ m + 2 \cdot 20\ m = 105\ m$

$H_R = 5{,}2$ (أنظر الجدول) $H = 30\ m + 5{,}2\ m = 35{,}2\ m;$

$$P = \frac{2{,}5\ m^3/s \cdot 35{,}2\ m \cdot 9{,}81\ m/s^2 \cdot 1000\ kg/m^3}{1000 \cdot 0{,}60} = 1450\ W$$

مقارنة : البيانات المـأخوذة من كتالوج الشركة هي : قدرة المحرك 1,6 kW وسرعة دورانه 140 r.p.m وارتفاع التصريف H = 35 m

$$\eta = \frac{0{,}14}{60}\ m^3/s \cdot 35\ m \cdot 1000\ kg/m^3 \cdot \frac{1}{1600\ kgm^2/s^2} \cdot 9{,}81\ \frac{m}{s^2} \approx 0{,}50$$

رسم المنحنى البياني H/Q لمضخة طرد مركزي لقدرة معطاة P

المراوح : يتناسب إحتياج القدرة لمروحة طرديا مع كل من :

أ) كمية الهواء (Q) المدفوعة في وحدة الزمن .

ب) ضغط الهواء (H) الذي يجب التغلب عليه .

يعبر عن مفقودات الاحتكاك بالضغط المضـاد (H_i) .

$$P = \frac{Q \cdot H}{\eta}$$

الوحدات : كمية الهواء (Q) المدفوعة في الثانية بوحدة (m^3/s) وضغط الهواء (H) بوحدة (N/m^2) والقدرة اللازمة (P) بوحدة (W) وسرعة الهواء (v) بوحدة (m/s) ومسـاحة مقطع المروحة (A) بوحدة (m^2) .

$$v = \frac{Q}{A}$$

مروحة طرد مركزي

جدول مقارنة

المرعة	m/s	ملاحظات
ضئيلة	0,5... 3	يجب ألا تتجاوز سرعة الهواء في مناطق الجلوس عن 0,3 m/s لمنع التأثير الناتج عن تيار الهواء
منخفضة	2 ... 4	
متوسطة	4 ... 6	
عالية	6 ...12	
لتجهيزات الضخ المشغلة بالهواء المضغوط	حتى 30	

كمية الهواء الداخل لكل شخص في السـاعة	الرطوبة النسبية للهواء
الغرف الممنوع التدخين فيها $30\ m^3$	الحد الأعلى من 60% إلى 70%
الغرف المسموح فيها بالتدخين $40\ m^3$	الحد الأدنى (في الشتاء) 35%

الخروج من أعلى ردیء

الدخول من أسفل

الدخول من أعلى

الخروج من أعلى جيد

مثال : إذا كانت بيانات مروحة مأخوذة من كتالوج الشركة هي : إستهلاك القدرة 45 W وسرعة الدوران 1200 r.p.m. وقطر عجلة الريش 400 mm (مسـاحة مقطع الأنبوب $A = 0{,}126\ m^2$) ومعدل التصريف في مواجهة الضغط الجوي $30\ m^3/min$ والمطلوب أن تكون كمية التصريف $Q = 1600\ m^3/h = 0{,}44\ m^3/s$.

إحسب السرعة (v) والقدرة (P)

الحل :

$$v = \frac{0{,}44\ m^3/s}{0{,}126\ m^2} \approx 3{,}5\ m/s$$

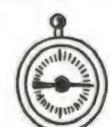
يمكن لهذه السرعة تشغيل ضغط كلي بما فيه الضغط اللازم للتغلب على مقاومة الجهاز (مخارج الهواء) بالقيمة : $40\ N/m^2$ = (عمود ماء) H = 4 mm WS

$$P = \frac{0{,}44\ m^3/s \cdot 40\ N/m^2}{0{,}50} \approx 35\ W$$

وتلزم جداول خاصة للحصول على قيمة H .



حساب القدرة من العداد



كيلو واط ساعة (kWh)

220 V/20 A   N · 24652/4

600 rev/kWh

تحسب القدرة (P) من سرعة الدوران (n) لقرص العداد، والفترة الزمنية (t) المقروءة على ساعة توقيت، وثابت العداد (C_C).

الوحدات: القدرة P بالكيلوواط (kW) والزمن (t) بالثواني (s)، وثابت العداد: $C_C\ (\frac{1}{kWh})$.

مثال: عند قراءة عداد ثابته $C_C = 600\ 1/kWh$ لوحظ أن القرص الدوار قد دار 30 لفة في زمن قدره 90 s. إحسب الطاقة الكهربائية المستهلكة.

الحل: $P = \frac{3600 \cdot 30}{90 \cdot 600 \frac{1}{kWh}} = 2\ kW$

$$P = \frac{3600 \cdot n}{t \cdot C_C}$$

تكاليف الطاقة الكهربائية

تكاليف الشغل الكهربائي (الطاقة) = الشغل الكهربائي × التعريفة.

الوحدات: الشغل بالكيلوواط ساعة (kWh) وتعريفة الكهرباء بالريال (SR) لكل 1 kWh.

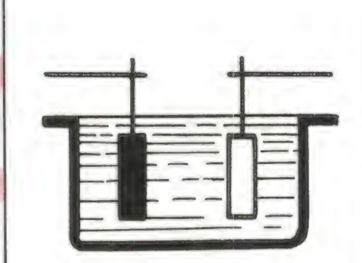
مثال: إذا كان الاستهلاك في شهر ما 32 kWh، والتعريفة 0,10 SR/kWh. إحسب تكاليف الطاقة الكهربائية.

الحل: $K = 32\ kWh \cdot 0{,}10\ SR/kWh = 3{,}20\ SR$

$$K = W \cdot k$$

$$K = P \cdot t \cdot k$$

قانون فاراداي



تتناسب كتلة المعدن المترسبة نتيجة لمرور التيار الكهربائي طرديا مع شدة التيار وزمن مروره.

الوحدات: كتلة المعدن المترسبة (m) بالجرام (g) والتيار (I) بالأمبير (A) والزمن (t) بالساعات (h) والمكافئ الكيميائي الكهربائي (α) بالجرام لكل أمبير ساعة $(\frac{g}{Ah})$ (أنظر الجدول أسفل الصفحة).

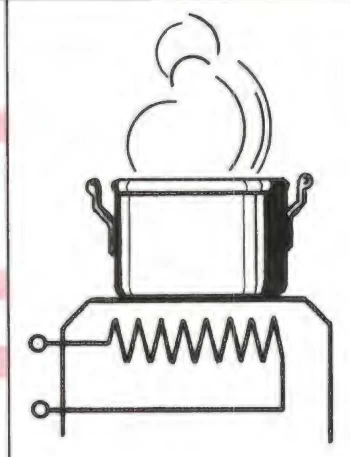
مثال: إذا مر تيار كهربائي شدته $I = 20\ A$ لمدة قدرها $t = 10\ h$، في محلول فضة. وكان المكافىء الكيميائي الكهربائي للفضة هو $\alpha = 4{,}025\ g/Ah$. إحسب كمية المعدن المترسبة.

الحل: $m = 20\ A \cdot 10\ h \cdot 4{,}025 \frac{g}{Ah} = 805\ g$

$$m = \alpha \cdot I \cdot t$$

$$I = \frac{m}{\alpha \cdot t} \qquad t = \frac{m}{I \cdot \alpha}$$

التسخين بالكهرباء



تتناسب كمية الحرارة Q المولدة بالتيار الكهربائي طرديا مع القدرة الكهربائية (P)، وزمن مرور التيار الكهربائي (t).

الوحدات: كمية الحرارة (Q) بالجول (J) والقدرة (P) بالواط (W) والزمن (t) بالثواني (s)

$Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$ (راجع صفحة ٧٤).

القدرة الكهربائية اللازمة لتوليد كمية مطلوبة من الحرارة:

الوحدات: الحرارة النوعية (c) بوحدة J/(kg·K)، والكتلة (m) بوحدة (kg) وفرق درجة الحرارة (Δϑ) بوحدة (K) والزمن (t) بوحدة (s) والقدرة (P) بوحدة (W).

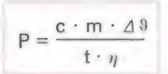
مثال: وعاء طهو كهربائي سعته 2 l مملوء بماء درجة حرارته 10°C المطلوب حساب القدرة الكهربائية اللازمة لرفع درجة حرارته إلى 100°C في زمن قدره 15 min.

الحل: $P = \frac{4200\ J/(kg \cdot K) \cdot 2\ kg \cdot 90\ K}{900\ s \cdot 0{,}90} = 930\ W$

1 Ws = 1 J = 0,24 cal

1 kWh = 3,6 MJ ≈ 860 kcal

$$Q = P \cdot t \cdot \eta$$



$$P = \frac{c \cdot m \cdot \Delta\vartheta}{t \cdot \eta}$$

$$m = \frac{P \cdot t \cdot \eta}{c \cdot \Delta\vartheta}$$

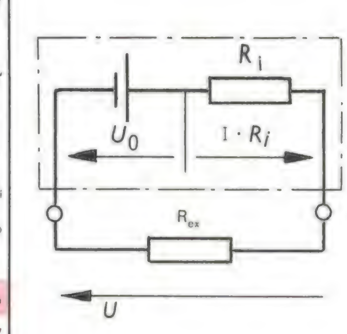
$$t = \frac{Q}{P \cdot \eta}$$

الأوزان الكهروكيميائية المكافئة (α) (قيم مقربة)

المادة	Al	Pb	Cd	Cr	Cr	Fe	Fe	Au	Cu	Cu
التكافؤ	3	2	2	3	6	2	3	3	1	2
α بوحدة (g/Ah)	0,33	3,86	2,09	0,64	0,32	1,04	0,69	2,45	2,37	1,18
المادة	Mg	Ni	Ni	Ag	Zn	Sn	Sn	Cl	O	H
التكافؤ	2	2	3	1	2	2	4	1	2	1
α بوحدة (g/Ah)	0,45	1,09	0,72	4,02	1,2	2,1	1,1	1,32	0,29	0,037

تتراوح كفاية الاستغلال للتيار الكهربائي من 80% إلى 100% باستثناء الكروم (Cr) فتكون نحو 15%

المقاومة الداخلية لمصدر الجهد الكهربائي



١ - لكل مصدر جهد مقاومة ذاتية (داخلية) R_i

٢ - تكون المقاومة الداخلية متصلة على التوالي مع المقاومة (أو المقاومات) الخارجية (R_{ex}).

٣ - يكون هبوط الجهد الكهربائي (u) الناشئ عن المقاومة الداخلية متصلا على التوالي مع الجهد الكهربائي عند طرفي مصدر الجهد.

U = الجهد الكهربائي عند أطراف مصدر الجهد بالڤولط (V)

$u = I \cdot R_i$ = هبوط الجهد الكهربائي داخل المصدر بالڤولط (V)

U_o = الجهد الكهربائي للمصدر في حالة اللاحمل بالڤولط (V) أو القوة الدافعة الكهربائية «emf» لخلية كهربائية بالڤولط (V)

مثال : مقاومة مقدارها $R_{ex} = 5{,}8\ \Omega$ موصلة بخلية كهربائية جهدها الكهربائي $U_o = 1{,}5\ V$ ومقاومتها الداخلية $R_i = 0{,}2\ \Omega$. احسب شدة التيار (I) وجهد الأطراف (U).

الحل : $I = \frac{1{,}5\ V}{5{,}8\ \Omega + 0{,}2\ \Omega} = 0{,}25\ A$

$U = 1{,}5\ V - 0{,}25\ A \cdot 0{,}2\ \Omega = 1{,}45\ V$

$$U_0 = U + u$$
$$U_0 = U + I \cdot R_i$$
$$U = U_0 - I \cdot R_i$$
$$I = \frac{U_0 - U}{R_i};$$
$$R = R_{ex} + R_i$$
$$U_0 = I\,(R_{ex} + R_i)$$
$$I = \frac{E}{R_{ex} + R_i}$$

توصيل مصادر الجهد الكهربائي على التوالي

أ - التوصيل على التوالي المتساعد

١) القوة الدافعة الكهربائية الكلية = مجموع القوى الدافعة الكهربائية الجزئية

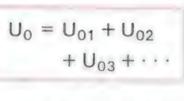
٢) الجهد الكلي للأطراف U = مجموع جهود الأطراف الجزئية

٣) مقاومة البطارية R_b = مجموع مقاومات خلاياها R_i ،

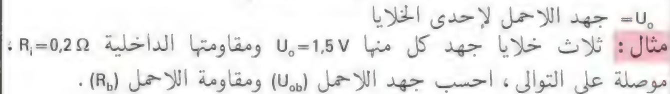
n = عدد الخلايا ذات القوى الدافعة الكهربائية المتساوية

R_{ex} = مقاومة الحمل المتصل بمصدر الجهد الكهربائي.

U_o = جهد اللاحمل لإحدى الخلايا

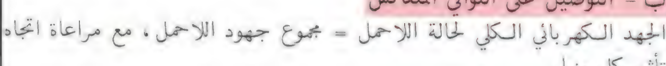


مثال : ثلاث خلايا جهد كل منها $U_o = 1{,}5\ V$ ومقاومتها الداخلية $R_i = 0{,}2\ \Omega$ ، موصلة على التوالي ، احسب جهد اللاحمل (U_{ob}) ومقاومة اللاحمل (R_b).



الحل : $R_b = 0{,}2\ \Omega \cdot 3 = 0{,}6\ \Omega$ $\quad U_{ob} = 1{,}5\ V \cdot 3 = 4{,}5\ V$

ب - التوصيل على التوالي المتعاكس



الجهد الكهربائي الكلي لحالة اللاحمل = مجموع جهود اللاحمل ، مع مراعاة اتجاه تأثير كل منها.

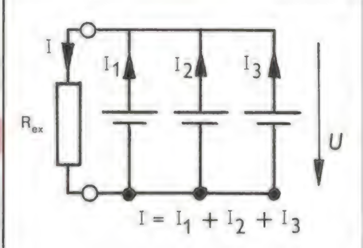
مثال : ثلاث خلايا ، جهد كل منها عند اللاحمل $U_o = 2\ V$ موصلة على التوالي. وصلت إحداها في الاتجاه المضاد. والمطلوب حساب الجهد بين كل من A–C و A–B

الحل : الجهد (U) بين النقطتين $A-C$: $U_o = 4\ V$

الجهد (U) بين النقطتين $A-B$: $U_o = 2\ V$

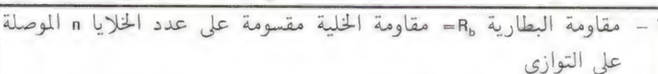
$$U_0 = U_{01} + U_{02} + U_{03} + \cdots$$
$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots$$
$$R_b = R_{i1} + R_{i2} + R_{i3} + \cdots$$
$$I = \frac{n \cdot U_0}{n \cdot R_i + R_{ex}}$$
$$n = \frac{I \cdot R_{ex}}{U_0 - I \cdot R_i}$$
$$U_{0b} = U_{01} + U_{02} + (-U_{03}) + \cdots$$

توصيل مصادر الجهد الكهربائي على التوازي



١ - مقاومة البطارية R_b = مقاومة الخلية مقسومة على عدد الخلايا n الموصلة على التوازي

٢ - تزداد إمكانية التحميل (استهلاك التيار) بصورة طردية مع عدد الخلايا الموصلة على التوازي



مثال : إحسب المقاومة وشدة التيار لبطارية إذا كانت :

$U_o = 1{,}5\ V,\ n = 6,\ R_i = 0{,}9\ \Omega,\ R_{ex} = 4{,}85\ \Omega.$

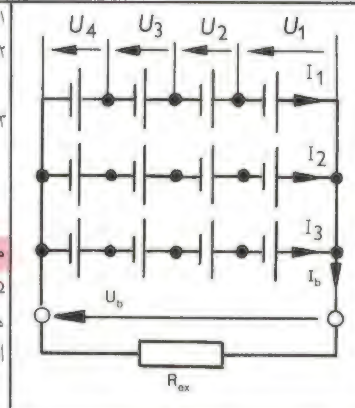
الحل : $R_b = \frac{0{,}9\ \Omega}{6} = 0{,}15\ \Omega$

$I = \frac{1{,}5}{0{,}15\ \Omega + 4{,}85\ \Omega} = 0{,}3\ A$



$$R_b = \frac{R_i}{n}$$
$$I = \frac{U_0}{R_b + R_{ex}}$$
$$U_0 = I\,(R_b + R_{ex})$$
$$R_{ex} = \frac{U_0}{I} - R_b$$
$$U = I \cdot R_{ex}$$
$$U = U_0 - I \cdot R_b$$

التوصيل المختلط (المركب) لمصادر الجهد الكهربائي



١ - يتحدد مقدار الجهد الكهربائي بعدد الخلايا الموصلة على التوالي n_s

٢ - تتحدد قابلية التحميل (استهلاك التيار) بعدد الخلايا الموصلة على التوازي n_p

٣ - يتم حساب المقاومة الداخلية للبطارية (R_b) بنفس الطريقة المتبعة في حالة التوصيل المختلط للمقاومات.

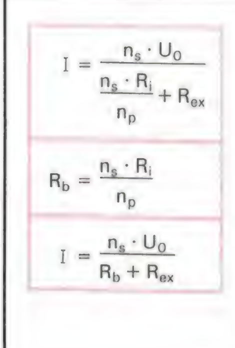
U_o = جهد اللاحمل لخلية واحدة

R_i = المقاومة الداخلية لخلية واحدة

مثال : ثلاث مجموعات موصلة ببعضها على التوازي وموصلة بمقاومة خارجية $R_{ex} = 9{,}2\ \Omega$. فإذا تكونت كل مجموعة من أربع خلايا موصلة على التوالي بياناتها هي $U_o = 1{,}5\ V$ و $R_i = 0{,}6\ \Omega$ ، إحسب كلاً من R_b و I.

الحل : $R_b = \frac{4 \cdot 0{,}6\ \Omega}{3} = 0{,}8\ \Omega$

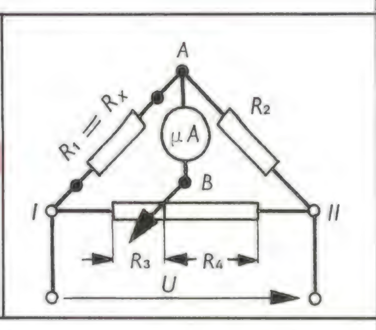
$I = \frac{4 \cdot 1{,}5\ V}{0{,}8\ \Omega + 9{,}2\ \Omega} = 0{,}6\ A$



$$I = \frac{n_s \cdot U_0}{\frac{n_s \cdot R_i}{n_p} + R_{ex}}$$
$$R_b = \frac{n_s \cdot R_i}{n_p}$$
$$I = \frac{n_s \cdot U_0}{R_b + R_{ex}}$$



التوصيل القنطري



في حالة الاتزان (التعادل) لا يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين A و B إذ يتساوى التأثير الناتج عن المقاومات في الفرع (I–A–II) والفرع (I–B–II). ويكون التيار: $I_{A-B}=0$

مثال: أوجد المقاومة المجهولة R_x إذا علمت أن:

$R_2 = 50\ \Omega,\ R_3 = 30\ \Omega,\ R_4 = 60\ \Omega$

الحل:

$$R_x = R_1 = \frac{50\ \Omega \cdot 30\ \Omega}{60\ \Omega} = 25\ \Omega$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

$$R_1 = R_x = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_4}$$

مجزئ الجهد

١ - مجزئ الجهد غير المحمل

تتناسب الجهود الكهربائية الجزئية (الفرعية) مع قيم المقاومات التي توجد هذه الجهود بين أطرافها.

مثال: مقاومتان $R_1=5\ \Omega$ و $R_2=20\ \Omega$ موصلتان على التوالي بجهد قدره 50 V إحسب الجهود الجزئية U_1 و U_2

الحل:

$$U_1 = \frac{50\ V \cdot 5\ \Omega}{5\ \Omega + 20\ \Omega} = 10\ V$$

$$U_2 = \frac{50\ V \cdot 20\ \Omega}{5\ \Omega + 20\ \Omega} = 40\ V$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

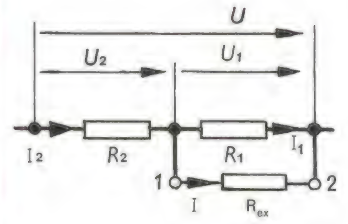
$$\frac{U}{U_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

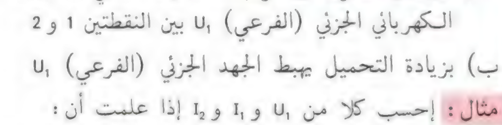
$$\frac{U}{U_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$U_1 = \frac{U \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_2 = \frac{U \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

٢ - مجزئ الجهد المحمل





أ) بتوصيل المقاومة R_{ex} وتثبيت الجهد الكلي U يهبط الجهد الكهربائي الجزئي (الفرعي) U_1 بين النقطتين 1 و 2

ب) بزيادة التحميل يهبط الجهد الجزئي (الفرعي) U_1

مثال: إحسب كلا من U_1 و I_1 و I_2 إذا علمت أن:

الحل: $R_1 = 200\ \Omega,\ R_2 = 300\ \Omega,\ U = 100\ V$
$I = 100\ mA.$

$$U_1 = \frac{100\ V \cdot 200\ \Omega}{200\ \Omega + 300\ \Omega} - 0{,}1\ A\ \frac{200\ \Omega \cdot 300\ \Omega}{200\ \Omega + 300\ \Omega} = 28\ V$$

$$I_1 = \frac{28\ V}{200\ \Omega} = 0{,}14\ A, \quad I_2 = 0{,}1\ A + 0{,}14\ A = 0{,}24\ A$$

أو:

$$I_2 = \frac{72\ V}{300\ \Omega} = 0{,}24\ A$$

$$U_1 = \frac{U \cdot R_1}{R_1 + R_2} - I\,\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

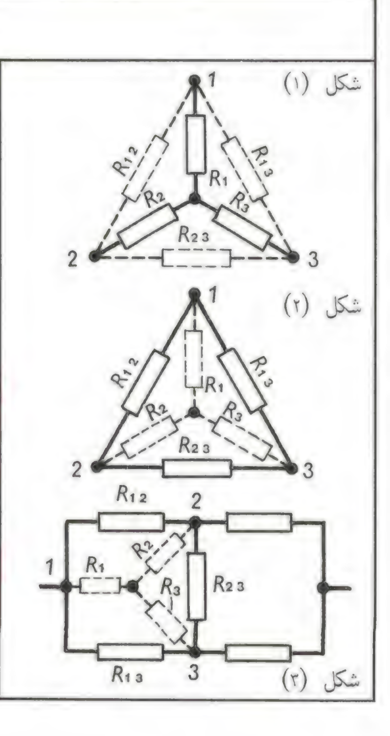
$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}(U - I \cdot R_2)$$

$$I = \frac{U\,\frac{R_1}{R_1 + R_2} - U_1}{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

$$I = \frac{U \cdot R_1}{R_1 \cdot R_2 + R_{ex}(R_1 + R_2)}$$

المطلوب حساب شدة التيار I بمعلومية المقاومة الخارجية R_{ex}

تكافؤ التوصيلة النجمية Y والتوصيلة المثلثية Δ



Y تكافئ Δ (شكل ١)، إذا كانت:

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3} + R_1 + R_2$$

$$R_{13} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2} + R_1 + R_3$$

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} + R_2 + R_3$$

مثال ١: (شكل ١) إحسب المقاومة R_{12} إذا كان:

$R_1 = R_2 = R_3 = 2\ \Omega$

الحل: $R_{12} = \frac{2\ \Omega \cdot 2\ \Omega}{2\ \Omega} + 2\ \Omega + 2\ \Omega = 6\ \Omega$

مثال ٢: (شكل ٢) إحسب المقاومة R_1 إذا كان:

$R_{12} = R_{13} = R_{23} = 6\ \Omega$

الحل: $R_1 = \frac{6\ \Omega \cdot 6\ \Omega}{6\ \Omega + 6\ \Omega + 6\ \Omega} = 2\ \Omega$

Δ تكافئ Y (شكل ٢)، إذا كانت:

$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$$

$$R_2 = \frac{R_{23} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$$

$$R_3 = \frac{R_{23} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$$

مثال ٣: (شكل ٣) إحسب المقاومات R_1 و R_2 و R_3

إذا كان: $R_{12} = 4\ \Omega,\ R_{13} = 8\ \Omega,\ R_{23} = 6\ \Omega$

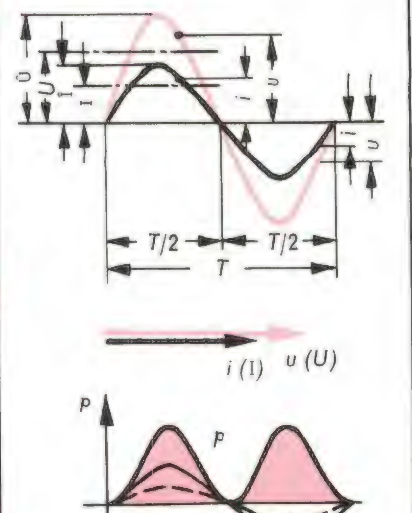
الحل:

$$R_1 = \frac{4\ \Omega \cdot 8\ \Omega}{4\ \Omega + 8\ \Omega + 6\ \Omega} = 1{,}77\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{6\ \Omega \cdot 4\ \Omega}{18\ \Omega} = 1{,}33\ \Omega$$

$$R_3 = \frac{8\ \Omega \cdot 6\ \Omega}{18\ \Omega} = 2{,}67\ \Omega$$

التيار المتردد



تحميل أومي فقط (أي مقاومة فعالة).

الجهد الـكهربائي والتيار الـكهربائي متفقان (متحدان) في الطور

I و U =القيم الفعالة (جذر متوسط مربع القيم)
i و u =القيم الزمنية (القيم اللحظية)
Î و Û =القيم القصوى (القيم الذروية والقيم العظمى وسعة الموجات) (كما تستعمل أيضـا U_m و I_m سعات الذبذبة)
T =زمن الدورة (الموجة)
T/2 =زمن تغير القطبية (موجب أو سـالب)

مثال : أوجد القيمة العظمى لجهد كهربائي قيمته الفعالة 10 V .
الحل : $\hat{U} = 10\ V \cdot 1{,}41 = 14{,}1\ V$

يكون الجهد الـكهربائي والتيار الـكهربائي متفقين (متحدين) في الطور إذا بلغت قيمهما العظمى وقيمهما الصفرية في نفس اللحظة. (يكون حاصل ضرب القيم الزمنية لهما موجبا دائما).
القدرة P= حاصل ضرب القيم الفعالة للجهد U والتيار I

مثال : مدفأة كهربائية موصلة بجهد كهربائي ~220 V تستهلك 4,54 A ، إحسب القدرة الـكهربائية المستهلـكة.
الحل : $P = 220\ V \cdot 4{,}54\ A = 1000\ W$

$$U = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

$$U = \frac{\hat{U}}{1{,}41} \qquad U = 0{,}707\ \hat{U}$$

$$\hat{U} = 1{,}41 \cdot U$$

$$I = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}}$$

$$I = \frac{\hat{i}}{1{,}41} \qquad I = 0{,}707\ \hat{I}$$

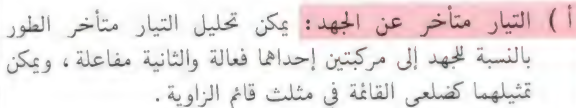
$$\hat{I} = 1{,}41 \cdot I$$

$$P = U \cdot I$$

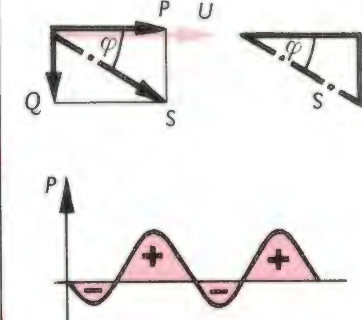
$$U = \frac{P}{I} \qquad I = \frac{P}{U}$$

الإزاحة الطورية بين الجهد والتيار

أ) التيار متأخر عن الجهد : يمكن تحليل التيار متأخر الطور بالنسبة للجهد إلى مركبتين إحداهما فعالة والثانية مفاعلة، ويمكن تمثيلهما كضلعي القائمة في مثلث قائم الزاوية.



التيار الفعال (I_a) = التيار × معامل القدرة
التيار المفاعل (I_r) = التيار × معامل القدرة المفاعلة
القدرة الظاهرية (S) = الجهد × التيار
القدرة الفعالة (P) = الجهد × التيار الفعال
القدرة المفاعلة (Q) = الجهد × التيار المفاعل
ويمكن تمثيل القدرات الثلاث بأضلاع مثلث قائم الزاوية

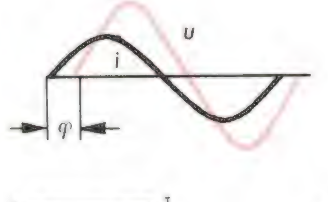


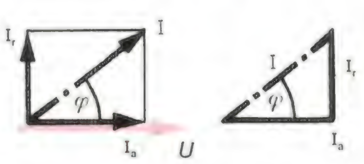
الوحدات :
القدرة الظاهرية (S) بالڤولط أمبير (VA)
القدرة الفعالة (P) بالواط (W)
القدرة المفاعلة (Q) بالڤار (Var) (أي ڤولط أمبير مفاعل) ويقاس كل من التيار الـكلي والتيار الفعال والتيار المفاعل بالأمبير (A)

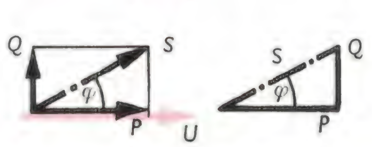
ب) التيار متقدم عن الجهد :
تطبق الصيغ السـابقة كذلك في حالة التيار المتقدم عن الجهد.

مثال :
إذا كانت :
P=8 kW و Q=6 kvar أوجد قيمة φ.
الحل : $S = \sqrt{(8\ kW)^2 + (6\ kvar)^2} = 10\ kVA$
$\cos\varphi = \frac{8\ kW}{10\ kVA} = 0{,}80, \quad \sin\varphi = \frac{6\ kvar}{10\ kVA} = 0{,}60$
من الجدول : $\varphi \approx 37°$

الحل بالرسم :
ترسم P و Q متعامدتان بمقياس رسم مناسب ثم توصل النقطتان الطرفيتان A_1 و A_2 ببعضهما







$$I^2 = I_a^2 + I_r^2$$

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2}$$

$$I_a = \sqrt{I^2 - I_r^2}$$

$$I_r = \sqrt{I^2 - I_a^2}$$

$$I_a = I \cdot \cos\varphi$$

$$I_r = I \cdot \sin\varphi$$

$$S = U \cdot I$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

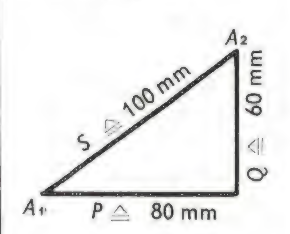
$$P = U \cdot I_a$$

$$Q = U \cdot I_r$$

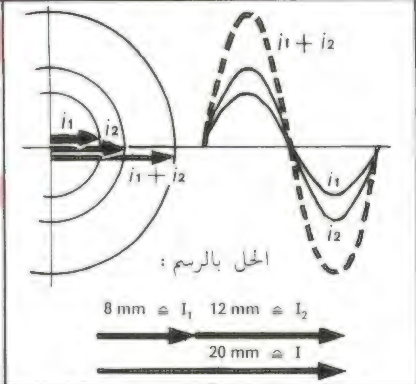
$$I = \frac{S}{U} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{Q}{U \cdot \sin\varphi}$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{U \cdot I} = \frac{P}{S}$$

$$\sin\varphi = \frac{Q}{U \cdot I} = \frac{Q}{S}$$



جمع التيارات المترددة



أولا : التيارات متفقة (متحدة) في الطور :

تجمع القيم اللحظية :

يكون لجميع القيم اللحظية نفس الإتجاه في نفس اللحظة الزمنية.

القيمة الفعالة الكلية = مجموع القيم الفعالة الجزئية

$i = i_1 + i_2$

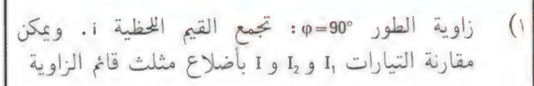
$I = I_1 + I_2$

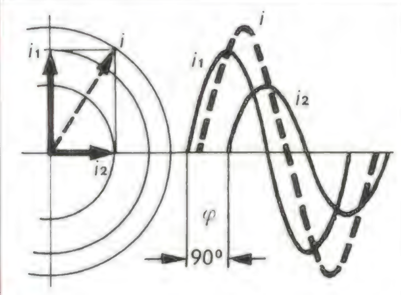
$\hat{I} = \hat{I}_1 + \hat{I}_2$

مثال: أوجد شدة التيار I والقيمة العظمى للتيار Î إذا كانت :



الحل :





ثانيا : التيارات مختلفة في الطور بالنسبة لبعضها :

١) زاوية الطور φ=90° : تجمع القيم اللحظية i. ويمكن مقارنة التيارات I_1 و I_2 و I بأضلاع مثلث قائم الزاوية

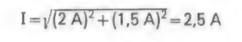
$I^2 = I_1^2 + I_2^2$

$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$

$I_1 = \sqrt{I^2 - I_2^2}$

$I_2 = \sqrt{I^2 - I_1^2}$

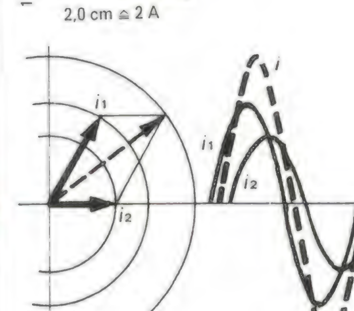
مثال : إحسب شدة التيار I إذا علمت أن :



الحل :

$I = \sqrt{(2\ A)^2 + (1{,}5\ A)^2} = 2{,}5\ A$

الحل بالرسم :



٢) زاوية الطور لا تساوي 90° : تجمع القيم اللحظية i، يحلل المتجه غير الواقع على أحد المحاور إلى مركبتين (انظر I_1). وتقارن التيارات بعد ذلك بأضلاع مثلث قائم الزاوية.

$I_1^2 = I_{1a}^2 + I_{1r}^2$

$I_{1a} = I_1 \cdot \cos\varphi$

$I_{1r} = I_1 \cdot \sin\varphi$

$I^2 = (I_2 + I_{1a})^2 + I_{1r}^2$

$I = \sqrt{(I_2 + I_{1a})^2 + I_{1r}^2}$

مثال : أوجد شدة التيار I إذا علمت أن :

$I_1 = 4\ A,\ I_2 = 5\ A$

والتيار I_1 متقدم عن التيار I_2 بزاوية φ=30°.

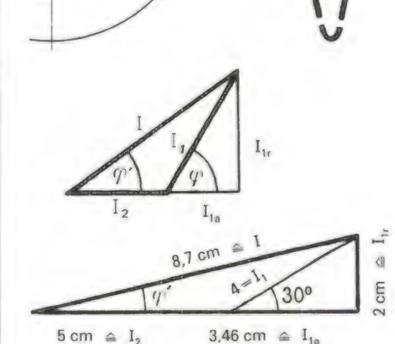
الحل : $I_{1a} = 4\ A \cdot 0{,}866 = 3{,}46\ A$

$I_{1r} = 4\ A \cdot 0{,}5 = 2\ A$

$I = \sqrt{(5\ A + 3{,}46\ A)^2 + (2\ A)^2} = 8{,}7\ A$

$\sin\varphi' = \frac{I_{1r}}{I}$

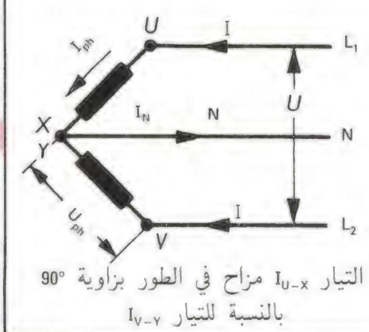
$\cos\varphi' = \frac{I_2 + I_{1a}}{I}$



الحل بالرسم : يمثل التيار I_2 بمستقيم أفقي طوله 5 ويرسم من نهايته التيار I_1 بمستقيم طوله 4 يميل على الأفقي بزاوية 30°. ويكون التيار I مناظرا للمستقيم الواصل من نهاية I_1 إلى بداية I_2 وطوله 8,7.

φ= زاوية إزاحة الطور بين I_2+I_{1a} والتيار المار فعلا I.

التيار ثنائي الأطوار



التيار I_{U-X} مزاح في الطور بزاوية 90° بالنسبة للتيار I_{V-Y}

جهد الخط (U_{U-V}) = 1,41 × جهد الطور U_{U-X} (أو U_{V-Y}).

ويكون التيار في الموصل المتعادل I_N=1,41 × تيار الخط أو تيار الطور I_{ph}

تيار الخط = تيار الطور (الوجه)

$U = 1{,}41 \cdot U_{ph}$

$U_{ph} = \frac{U}{1{,}41}$

$I_N = 1{,}41 \cdot I = 1{,}41 \cdot I_{ph}$

$I_{ph} = \frac{I_N}{1{,}41}$

مثال : إحسب شدة التيار I_N المار في الموصل المحايد علما بأن : $U_{V-Y} = 100\ V,\ I_{V-Y} = 5\ A$

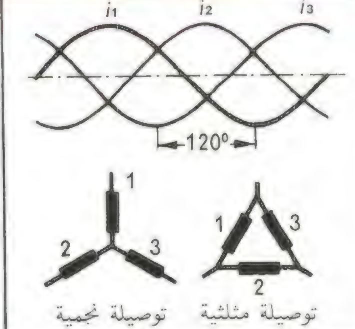
الحل

$U = 1{,}41 \cdot 100\ V = 141\ V,$

$I_N = 1{,}41 \cdot 5\ A = 7{,}05\ A$

التيار ثلاثي الأطوار (الدوّار)

أولا : الجهد والتيار متوافقان (متحدان) في الطور



مجموع تيارات الأطوار = صفر بشرط :
أ) أن تكون الإزاحة 120° بين الأطوار
ب) أن تتساوى قيم التيارات .

$I_1 + I_2 + I_3 = 0$

القدرة P لمستهلك التيار ثلاثي الأطوار = مجموع قدرات الأطوار . P_{ph} قدرة الطور = جهد الطور U_{ph} × تيار الطور I_{ph} .

القدرة P لمستهلك التيار الكهربائي = جهد الخط U × تيار الخط I × 1,73 .

$P = 3 \cdot P_{ph}$

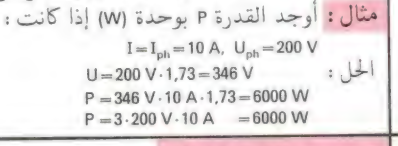
$P = P_{u-x} + P_{v-y} + P_{w-z}$

$P_{ph} = U_{ph} \cdot I_{ph}$

$P = U \cdot I \cdot 1{,}73$

$I = \frac{P}{U \cdot 1{,}73},\ U = \frac{P}{I \cdot 1{,}73}$

التوصيلة النجمية :



تيار الخط I = تيار الطور I_{ph}

جهد الخط U = جهد الطور × 1,73

= جهد الطور (الجهد النجمي) $U_{ph} = U_{u-x} = U_{v-y} = U_{w-z}$

= جهد الخط (جهد الموصل الخارجي) $U = U_{L_1L_2} = U_{L_1L_3} = U_{L_2L_3}$

مثال : أوجد القدرة P بوحدة (W) إذا كانت :

$I = I_{ph} = 10\ A,\ U_{ph} = 200\ V$

الحل :

$U = 200\ V \cdot 1{,}73 = 346\ V$

$P = 346\ V \cdot 10\ A \cdot 1{,}73 = 6000\ W$

$P = 3 \cdot 200\ V \cdot 10\ A = 6000\ W$

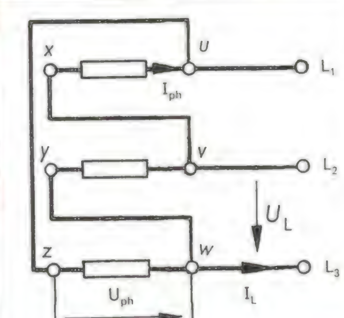
$I = I_{u-x} = I_{v-y} = I_{w-z}$

$I = I_{ph}$

$U = 1{,}73 \cdot U_{ph}$

$U_{ph} = \frac{U}{1{,}73}$

التوصيلة المثلثية (دلتا) :



جهد الخط U = جهد الطور U_{ph}

تيار الخط I = تيار الطور $1{,}73 \times I_{ph}$

تيار الطور = $I_{ph} = I_{u-x} = I_{v-y} = I_{w-z}$

تيار الخط (التيار في الموصل الخارجي) = $I_{L1} = I_{L2} = I_{L3}$

مثال : أوجد القدرة (P) بوحدة (W) علما بأن :

$I = 15\ A,\ U = 380\ V$

الحل :

$P = 380 V \cdot 15\ A \cdot 1{,}73 = 9883\ W$

$I_{ph} = \frac{15\ A}{1{,}73} = 8{,}67\ A$

$P = 3 \cdot 380\ V \cdot 8{,}67\ A = 9883\ W$

$U = U_{u-x} = U_{v-y} = U_{w-z}$

$U = U_{ph}$

$I = 1{,}73 \cdot I_{ph}$

$I_{ph} = \frac{I}{1{,}73}$

ثانيا : الجهد والتيار غير متوافقين (متحدين) في الطور

القدرة الظاهرية (S) = الجهد × التيار × معامل الطور

القدرة الفعالة (P) = الجهد × التيار × معامل الطور × معامل القدرة

القدرة المفاعلة (Q) = الجهد × التيار × معامل الطور × معامل القدرة المفاعلة

قدرة الخرج (P_2) = الجهد × التيار × معامل الطور × معامل القدرة المفاعلة × الكفاية

$S = U \cdot I \cdot 1{,}73$

$P = U \cdot I \cdot 1{,}73 \cdot \cos\varphi$

$Q = U \cdot I \cdot 1{,}73 \cdot \sin\varphi$

$P_2 = U \cdot I \cdot 1{,}73 \cdot \cos\varphi \cdot \eta$

$I = \frac{S}{U \cdot 1{,}73},\ I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi \cdot 1{,}73}$

$I = \frac{Q}{U \cdot \sin\varphi \cdot 1{,}73}$

$I = \frac{P_2}{U \cdot \cos\varphi \cdot \eta \cdot 1{,}73}$

$\cos\varphi = \frac{P}{S},\ \cos\varphi = \frac{P_2}{U \cdot I \cdot \eta \cdot 1{,}73}$

$\sin\varphi = \frac{Q}{S},\ \sin\varphi = \frac{Q}{U \cdot I \cdot 1{,}73}$

$\eta = \frac{P_2}{P},\ \eta = \frac{P_2}{U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot 1{,}73}$

مثال : مستهلك تيار ثلاثي الأطوار موصل على شكل Y وجهد 380 V ، يستهلك 20 A بمعامل قدرة $(\cos\varphi) = 0{,}71$ (ومعامل قدرة مفاعلة) $(\sin\varphi = 0{,}71)$.

احسب S و P و Q وجهد الطور U_{ph} وتيار الطور I_{ph} .

الحل :

$S = 380\ V \cdot 20\ A \cdot 1{,}73 = 13\,148\ VA$

$P = 13\,148\ VA \cdot 0{,}71 = 9\,335\ W$

$Q = 13\,148\ VA \cdot 0{,}71 = 9\,335\ var$

$U_{ph} = \frac{380\ V}{1{,}73} = 220\ V,\ I_{ph} = I = 20\ A$

حساب الإستهلاك للتيار المتردد أحادي الطور والتيار ثلاثي الأطوار

الإستهلاك (الشغل الكهربائي) (W) = القدرة الفعالة (P) × الزمن (t)

للتيار المتردد أحادي الطور : $W = U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot t$

للتيار ثلاثي الأطوار : $W = U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot 1{,}73 \cdot t$

الوحدات : الزمن بالساعات (h) أو الثواني (s) ،
القدرة بالواط (W) أو الكيلوواط (kW)
الشغل الكهربائي بالواط ساعة (Wh) أو الكيلوواط ساعة (kWh) .
واط ثانية (Ws) = جول (J)

المقاومة المفاعلة في دائرة التيار المتردد

الملف

الملف عبارة عن مقاومة تتوقف قيمتها على تردد التيار (مفاعلة) وتتناسب المفاعلة طرديا مع :

أ) المحاثة (L)

ب) التردد (f)

الوحدات : المقاومة المفاعلة (X) بالأوم (Ω)

المحاثة (L) بالهنري (H)

التردد (f) بالهرتز (Hz)

ω = التردد الزاوي بمقلوب ثانية $(\frac{1}{s})$

مثال : ملف محاثته 5 H موصل بجهد تردده 50 Hz . إحسب مفاعلته (X) .

الحل : $X = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50\ Hz \cdot 5\ H = 1570\ \Omega$

$$X = \omega L$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$L = \frac{X}{\omega} \qquad f = \frac{X}{2 \cdot \pi \cdot L}$$

توصيل الملفات على التوالي

المحاثة الكلية = مجموع المحاثات الجزئية

الجهد الكلي = مجموع الجهود الجزئية

مثال : أوجد المحاثة الكلية (L) للملفات الموصلة على التوالي إذا كانت محاثاتها هي : $L_1 = 4\ H,\ L_2 = 3\ H,\ L_3 = 0{,}5\ H$

الحل : $L = 4\ H + 3\ H + 0{,}5\ H = 7{,}5\ H$

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \cdots$$

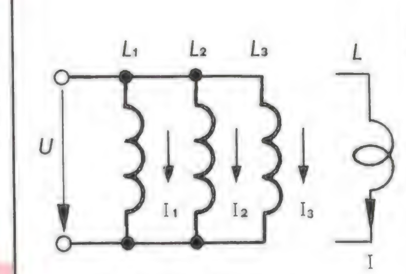
$$L_1 = L - L_2 - L_3 - \cdots$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots$$

$$U_1 = U - U_2 - U_3 \cdots$$

$$U_1 = I \cdot \omega L_1; \qquad U_2 = I \cdot \omega L_2$$

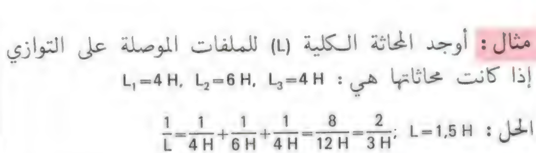
توصيل الملفات على التوازي



تطبق هنا نفس القوانين الخاصة بتوصيل المقاومات الأومية على التوازي . ويساوي مقلوب المحاثة الكلية مجموع مقلوب المحاثات الجزئية .

المواصلة الكلية = مجموع المواصلات الجزئية . وحدة المواصلة المفاعلة (B) هي السيمنز (S) .

التيار الكلي = مجموع التيارات الفرعية .



مثال : أوجد المحاثة الكلية (L) للملفات الموصلة على التوازي إذا كانت محاثاتها هي : $L_1 = 4\ H,\ L_2 = 6\ H,\ L_3 = 4\ H$



الحل : $\frac{1}{L} = \frac{1}{4\ H} + \frac{1}{6\ H} + \frac{1}{4\ H} = \frac{8}{12\ H} = \frac{2}{3\ H};\ L = 1{,}5\ H$

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \cdots$$

$$B = B_1 + B_2 + B_3 + \cdots$$

لملفين :

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots$$

$$I_1 = I - I_2 - I_3 - \cdots$$

توصيل ملف ومقاومة أومية على التوالي

يولد التيار المار بالدائرة :

أ) جهداً فعالاً (U_a) بين طرفي المقاومة الأومية

ب) جهداً مفاعلاً (U_r) بين طرفي الملف

الجهد الكلي U = المجموع الهندسي للجهدين U_a و U_r .

المعاوقة الكلية Z = المجموع الهندسي للمقاومة الفعالة R والمقاومة المفاعلة X .

Z = المعاوقة أو مقاومة التيار المتردد .

يمكن تمثيل كل من U, U_a, U_r أو Z, R, X بأضلاع مثلث قائم الزاوية .

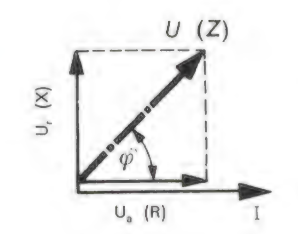
مثال : إحسب كلاً من Z و U و U_a و U_r في الدائرة المبينة علما بأن : $I = 2\ A,\ X = 30\ \Omega,\ R = 40\ \Omega$

الحل : $Z = \sqrt{(40\ \Omega)^2 + (30\ \Omega)^2} = 50\ \Omega$

$U = 2\ A \cdot 50\ \Omega = 100\ V$

$U_a = 2\ A \cdot 40\ \Omega = 80\ V$

$U_r = 2\ A \cdot 30\ \Omega = 60\ V$



$$U^2 = U_a^2 + U_r^2$$

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_r^2}$$

$$Z^2 = R^2 + X^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$R = \sqrt{Z^2 - X^2}$$

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$U = I \cdot Z, \quad U_a = I \cdot R, \quad U_r = I \cdot X$$

$$I = \frac{U}{Z} \qquad I = \frac{U_a}{R} \qquad I = \frac{U_r}{X}$$

توصيل الملف والمقاومة الأومية على التوازي

يكون التيار المار خلال الملف متأخرا بزاوية °90 عن التيار المار خلال المقاومة الأومية.

التيار الكلي I = المجموع الهندسي للتيارات الفرعية I_a و I_r.

المواصلة الكلية (المساحة) (Y) = المجموع الهندسي للمواصلتين G و B_L.

الوحدات : G, Y, B بالسيمنز (S) الذي يناظر مقلوب الأوم ($\frac{1}{\Omega}$)

[المواصلة المفاعلة (B) والمواصلة الكلية (المساحة) (Y) والمواصلة الفعالة (G)].

مثال : إحسب المواصلة الكلية (المساحة) (Y) والمعاوقة (Z) إذا كانت : $R=6\,\Omega,\ X=12\,\Omega,\ I=2\,A$

الحل : $Y=\sqrt{\left(\frac{1}{6\,\Omega}\right)^2+\left(\frac{1}{12\,\Omega}\right)^2}=\frac{1}{5{,}37\,\Omega}$

$Z=5{,}37\,\Omega$

L R U I_r I_a

I_a (G) U φ I_r (B_L) I (Y)

$$I^2=I_a^2+I_r^2$$

$$I=\sqrt{I_a^2+I_r^2}$$

$$Y^2=G^2+B_L^2$$

$$Y=\sqrt{G^2+B_L^2}$$

$$Z=\frac{1}{Y} \qquad Y=\frac{1}{Z}$$

معاوقة الملف :

تسمى مقاومة التيار المتردد (المقاومة الظاهرية) بالمعاوقة.

المعاوقة (مقاومة التيار المتردد) Z = المجموع الهندسي للمقاومة الأومية والمفاعلة (جمع متجهات).

درجة جودة الملف هي النسبة بين المقاومة المفاعلة إلى المقاومة الأومية عند تردد معين.

مثال : أوجد درجة جودة الملف (Q) إذا علمت أن : $\omega L=800\,\Omega,\ R=4\,\Omega$

الحل : $Q=\frac{800\,\Omega}{4\,\Omega}=200$

$$Z^2=R^2+X^2$$

$$Z=\sqrt{R^2+X^2}$$

$$Q=\frac{\omega L}{R}=\frac{X}{R} \quad \text{(عدد مطلق)}$$

$$Q=\frac{2\cdot\pi\cdot f\cdot L}{R}$$

المكثف الكهربائي

المكثف الكهربائي هو مقاومة تتغير مع التردد (مفاعلة) وتتناسب المفاعلة عكسيا مع كل من :

أ) السعة الكهربائية (C)

ب) التردد (f)

الوحدات : المقاومة المفاعلة (X) بالأوم (Ω) السعة الكهربائية (C) بالفاراد (F) التردد (f) بالهرتز (Hz)

مثال : إحسب المقاومة المفاعلة (X) بوحدة (Ω)

علما بأن : $C=0{,}5\,\mu F,\ f=10\,kHz$

الحل : $X=\frac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 10^4\,Hz\cdot 0{,}5\cdot 10^{-6}\,F}=32\,\Omega$

X $\frac{1}{\omega C}$

$$X=\frac{1}{\omega C}$$

$$\omega=2\cdot\pi\cdot f$$

$$X=\frac{1}{2\cdot\pi\cdot f\cdot C}$$

$$C=\frac{1}{\omega X} \qquad f=\frac{1}{2\cdot\pi\cdot X\cdot C}$$

توصيل المكثفات على التوالي

تتضاءل السعة الكهربائية الكلية عند توصيل المكثفات على التوالي، وتكون السعة المكافئة أقل من أصغر السعات المفردة.

الجهد الكلي = مجموع الجهود الجزئية

مثال : أوجد السعة الكهربائية الكلية (C) للمكثفات الموضحة بالرسم بوحدة (μF) إذا كانت $C_1=2\,\mu F,\ C_2=4\,\mu F,\ C_3=6\,\mu F$

الحل : $\frac{1}{C}=\frac{1}{2\,\mu F}+\frac{1}{4\,\mu F}+\frac{1}{6\,\mu F}=\frac{11}{12\,\mu F},\ C=1\frac{1}{11}\,\mu F$

C_1 C_2 C_3 المكثف المكافئ U_1 U_2 U_3 U

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\cdots$$

$$\frac{1}{C_1}=\frac{1}{C}-\frac{1}{C_2}-\frac{1}{C_3}-\cdots$$

$$U=U_1+U_2+U_3+\cdots$$

$$U_1=U-U_2-U_3-\cdots$$

$$U_1=\frac{I}{\omega C_1} \qquad U_2=\frac{I}{\omega C_2}$$

ولمكثفين : $C=\frac{C_1\cdot C_2}{C_1+C_2}$



المكثف الكهربائي (تكملة)

توصيل المكثفات على التوازي

السعة الكلية = مجموع السعات الجزئية (الفرعية)

التيار الكلي = مجموع التيارات الفرعية

مثال : إحسب السعة الكلية (C) إذا علمت أن :

$C_1 = 2\ \mu F,\ C_2 = 4\ \mu F,\ C_3 = 6\ \mu F$

الحل : $C = 2\ \mu F + 4\ \mu F + 6\ \mu F = 12\ \mu F$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots$$

$$C_1 = C - C_2 - C_3 - \cdots$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots$$

$$I_1 = I - I_2 - I_3 - \cdots$$

المكثف المكافئ

توصيل مكثف ومقاومة أومية على التوالي

يولد التيار المار خلال المقاومات :

أ) جهداً فعالاً مقداره U_a بين طرفي المقاومة الأومية

ب) جهداً مفاعلاً مقداره U_r بين طرفي المكثف

الجهد الكلي (U) = المجموع الهندسي للجهدين U_a و U_r (جمع متجهات) .

المقاومة الكلية Z = المجموع الهندسي للمقاومة الفعالة R والمفاعلة X (جمع متجهات) .

مثال : من المعطيات التالية ، إحسب كلاً من Z و U_a و U_r و U :

$R = 150\ \Omega,\ X = 200\ \Omega,\ I = 0{,}3\ A$

الحل :

$Z = \sqrt{150^2 + 200^2} = 250\ \Omega$

$U_a = 0{,}3\ A \cdot 150\ \Omega = 45\ V$

$U_r = 0{,}3\ A \cdot 200\ \Omega = 60\ V$

$U = 0{,}3\ A \cdot 250\ \Omega = 75\ V$

$$U^2 = U_a^2 + U_r^2$$

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_r^2}$$

$$Z^2 = R^2 + X^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$R = \sqrt{Z^2 - X^2}$$

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$U = I \cdot Z \qquad U_a = I \cdot R,$

$U_r = I \cdot X$

$I = \frac{U}{Z} \qquad I = \frac{U_a}{R} \qquad I = \frac{U_r}{X}$

توصيل مكثف ومقاومة أومية على التوازي

يكون التيار المار خلال المكثف متقدما بزاوية 90° بالنسبة للتيار المار خلال المقاومة الأومية .

التيار الكلي I = المجموع الهندسي للتيارات الفرعية I_a و I_r (جمع متجهات) .

المواصلة الكلية (المساحة) (Y) = المجموع الهندسي للمواصلتين G و B_c (جمع متجهات) .

مثال : أوجد قيمة كل من I و Z و R إذا كانت :

$I_a = 0{,}6\ A,\ I_r = 0{,}8\ A,\ U = 60\ V$

الحل :

$I = \sqrt{(0{,}8\ A)^2 + (0{,}6\ A)^2} = 1\ A$

$Z = \frac{60\ V}{1\ A} = 60\ \Omega,\ X = \frac{60\ V}{0{,}8\ A} = 75\ \Omega$

$R = \frac{60\ V}{0{,}6\ A} = 100\ \Omega$

$$I^2 = I_r^2 + I_a^2$$

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2}$$

$$Y^2 = G^2 + B_c^2$$

$$Y = \sqrt{G^2 + B_c^2}$$

$$G = \sqrt{Y^2 - B_c^2}$$

$$B_c = \sqrt{Y^2 - G^2}$$

زاوية الفقد لمكثف كهربائي

معامل الفقد : $d = \tan\delta$ = نسبة المقاومة الفعالة إلى المفاعلة (لتردد معين) .

ملاحظة : ١) تجمع مقادير الفقد في مقاومة أومية واحدة .

٢) تعطى قيم $\tan\delta$ على شكل أعداد مضروبة في المقدار 10^{-4} .

مثال : أوجد معامل الفقد $\tan\delta$ إذا كانت : $R = 0{,}1\ \Omega,\ X = 530\ \Omega$ (500 pF عند 600 kHz) .

الحل : $\tan\delta = \frac{0{,}1\ \Omega}{530\ \Omega} = 1{,}9 \cdot 10^{-4}$

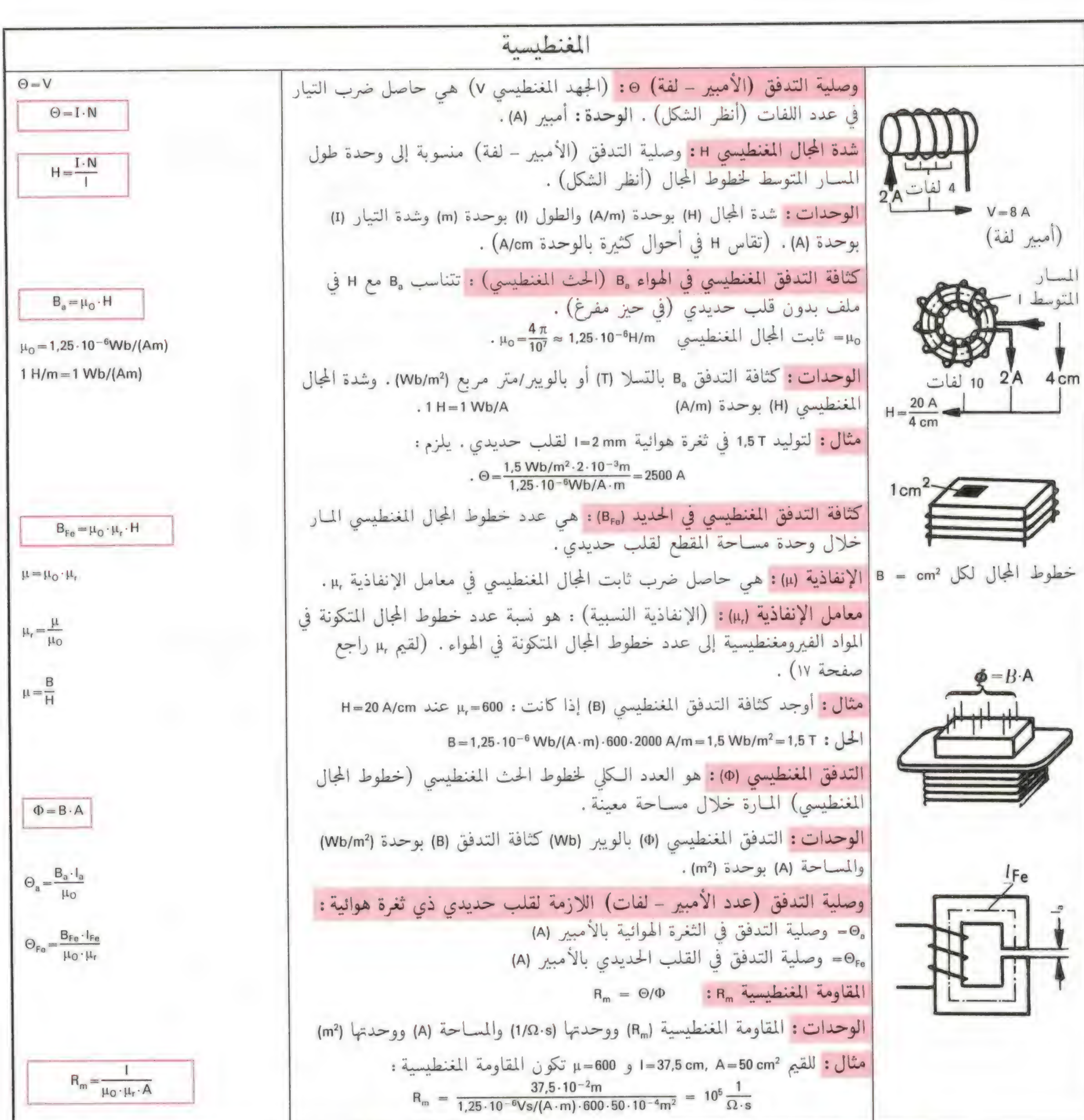
$$\tan\delta = \frac{R}{X}$$ (عدد مطلق)

$$\tan\delta = R \cdot \omega C$$

$$\tan\delta = R \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C$$

$$R = \frac{\tan\delta}{\omega C}$$

المغنطيسية



$\Theta = V$

$$\Theta = I \cdot N$$

وصلية التدفق (الأمبير – لفة) Θ : (الجهد المغنطيسي V) هي حاصل ضرب التيار في عدد اللفات (أنظر الشكل) . **الوحدة :** أمبير (A) .

$$H = \frac{I \cdot N}{l}$$

شدة المجال المغنطيسي H : وصلية التدفق (الأمبير – لفة) منسوبة إلى وحدة طول المسار المتوسط لخطوط المجال (أنظر الشكل) .

الوحدات : شدة المجال (H) بوحدة (A/m) والطول (l) بوحدة (m) وشدة التيار (I) بوحدة (A) . (تقاس H في أحوال كثيرة بالوحدة A/cm) .

$$B_a = \mu_0 \cdot H$$

كثافة التدفق المغنطيسي في الهواء B_a (الحث المغنطيسي) : تتناسب B_a مع H في ملف بدون قلب حديدي (في حيز مفرغ) .

μ_0 = ثابت المجال المغنطيسي $\mu_0 = \frac{4\pi}{10^7} \approx 1{,}25 \cdot 10^{-6}$ H/m .

$\mu_0 = 1{,}25 \cdot 10^{-6}$ Wb/(Am)

1 H/m = 1 Wb/(Am)

الوحدات : كثافة التدفق B_a بالتسلا (T) أو بالويبر/متر مربع (Wb/m²) . وشدة المجال المغنطيسي (H) بوحدة (A/m) . 1 H = 1 Wb/A .

مثال : لتوليد 1,5 T في ثغرة هوائية l = 2 mm لقلب حديدي . يلزم :

$$\Theta = \frac{1{,}5\ \text{Wb/m}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}\text{m}}{1{,}25 \cdot 10^{-6}\text{Wb/A}\cdot\text{m}} = 2500\ \text{A}$$

$$B_{Fe} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$$

كثافة التدفق المغنطيسي في الحديد (B_{Fe}) : هي عدد خطوط المجال المغنطيسي المار خلال وحدة مساحة المقطع لقلب حديدي .

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

الإنفاذية (μ) : هي حاصل ضرب ثابت المجال المغنطيسي في معامل الإنفاذية μ_r .

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

معامل الإنفاذية (μ_r) : (الإنفاذية النسبية) : هو نسبة عدد خطوط المجال المتكونة في المواد الفيرومغنطيسية إلى عدد خطوط المجال المتكونة في الهواء . (لقيم μ_r راجع صفحة ١٧) .

$$\mu = \frac{B}{H}$$

مثال : أوجد كثافة التدفق المغنطيسي (B) إذا كانت : $\mu_r = 600$ عند H = 20 A/cm

الحل : $B = 1{,}25 \cdot 10^{-6}\ \text{Wb/(A·m)} \cdot 600 \cdot 2000\ \text{A/m} = 1{,}5\ \text{Wb/m}^2 = 1{,}5\ \text{T}$

$$\Phi = B \cdot A$$

التدفق المغنطيسي (Φ) : هو العدد الكلي لخطوط الحث المغنطيسي (خطوط المجال المغنطيسي) المارة خلال مساحة معينة .

الوحدات : التدفق المغنطيسي (Φ) بالويبر (Wb) كثافة التدفق (B) بوحدة (Wb/m²) والمساحة (A) بوحدة (m²) .

وصلية التدفق (عدد الأمبير – لفات) اللازمة لقلب حديدي ذي ثغرة هوائية :

$$\Theta_a = \frac{B_a \cdot l_a}{\mu_0}$$

Θ_a = وصلية التدفق في الثغرة الهوائية بالأمبير (A)

$$\Theta_{Fe} = \frac{B_{Fe} \cdot l_{Fe}}{\mu_0 \cdot \mu_r}$$

Θ_{Fe} = وصلية التدفق في القلب الحديدي بالأمبير (A)

المقاومة المغنطيسية R_m : $R_m = \Theta / \Phi$

الوحدات : المقاومة المغنطيسية (R_m) ووحدتها (1/Ω·s) والمساحة (A) ووحدتها (m²)

$$R_m = \frac{l}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}$$

مثال : للقيم l = 37,5 cm, A = 50 cm² و μ = 600 تكون المقاومة المغنطيسية :

$$R_m = \frac{37{,}5 \cdot 10^{-2}\text{m}}{1{,}25 \cdot 10^{-6}\text{Vs/(A·m)} \cdot 600 \cdot 50 \cdot 10^{-4}\text{m}^2} = 10^5 \frac{1}{\Omega \cdot \text{s}}$$

الكمية	وحدات SI المشتقة	التعبير بالوحدات الأساسية	الوحدات المغنطيسية	التحويلات
التدفق المغنطيسي (Φ)	ويبر Weber (Wb)	$1\ \text{Wb} = 1\text{Vs} = 1\ \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2\text{A}}$	ماكسويل Maxwell (M)	$1\ \text{Wb} = 10^8$ M
كثافة التدفق المغنطيسي (الحث) B	تسلا Tesla (T) Wb/m²; 1 Wb/m² = 1 T	1 T = 1 Vs/m² = 1 kg/(s²·A)	جاوس Gauss (G) 1 G = 1 M/cm²	$1\ \text{T} = 10^4$ G, $1\ \text{G} = 10^{-4}$ T $= 10^{-4}\ \text{Wb/m}^2 = 10^{-4}\ \text{Vs/m}^2$
شدة المجال المغنطيسي (H)	أمبير/متر Ampere/m (A/m)	$1\ \text{A/m} = 10^{-2}$ A/cm	أورستيد Oersted (Oe)	$1\ \text{Oe} = \frac{10}{4\pi}\ \text{A/cm} \approx 80$ A/m (20 mOe ≈ 1,6 A/m)
وصلية التدفق الكهربائي (الأمبير لفات) Θ = الجهد المغنطيسي (V)	أمبير Ampere (A)		جلبرت Gilbert (Gb)	1 A = 1,257 Oe·cm ≈ 1,25 Gb

H_c = شدة المجال القهري

B_r = المحتفظية

منحنى التخلف المغنطيسي

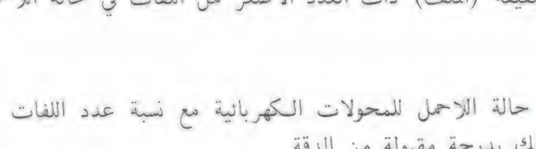
سبيكة برمينورم 5000 z

أ) H من 2 A/cm إلى 20 A/cm

ب) H من 20 A/cm إلى 200 A/cm

رقائق الدينامو طراز H

موميتال



نسبة التحويل t_r = نسبة الجهد الـكهربائي في اللفيفة (الملف) ذات العدد الأكبر من اللفات إلى الجهد الـكهربائي في اللفيفة (الملف) ذات العدد الأصغر من اللفات في حالة اللاحمل للمحول.

$$t_r = \frac{U_1}{U_2} \qquad t_r = \frac{N_1}{N_2}$$



وتتساوى **نسبة الجهد** في حالة اللاحمل للمحولات الـكهربائية مع نسبة عدد اللفات مع مراعاة نوع التوصيل، وذلك بدرجة مقبولة من الدقة.

للمحول أحادي الطور:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

N_1 = العدد الأكبر من اللفات، N_2 = العدد الأصغر من اللفات

U_1 = **الجهد الـكهربائي الابتدائي الإسمي** = الجهد الـكهربائي المصمم عليه الملف الابتدائي.

U_2 = **الجهد الـكهربائي الثانوي الإسمي** = الجهد الـكهربائي لحالة اللاحمل عبر أطراف الملف الثانوي إذا ظهر الجهد الـكهربائي الإسمي عبر أطراف الملف الابتدائي.

وتساوي نسبة **التيار** الابتدائي إلى **التيار** الثانوي مقلوب النسبة بين عدد لفات اللفائف.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$I_1 = I_2 \frac{N_2}{N_1}$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{N_1}{N_2}$$

I_2 = **التيار الثانوي الإسمي** = تيار الحمل الـكامل المصمم عليه الملف الثانوي للمحول

I_1 = **التيار الابتدائي الإسمي** = التيار الناتج من ضرب التيار الثانوي الإسمي في نسبة الجهد الثانوي الإسمي إلى الجهد الابتدائي الإسمي (ولا يناظر هذا تماما قيمة التيار الابتدائي المار فعلا عند وجود الجهد الابتدائي الإسمي والجهد الثانوي الإسمي).



S = **القدرة الإسمية** = "**قدرة الطراز**" = كمية حسابية ناتجة من حاصل ضرب الجهد الثانوي الإسمي والتيار الثانوي الإسمي ومعامل الطور. ولا تناظر القدرة الإسمية قدرة الخرج الظاهرية عند التشغيل بالتيارات والجهود الإسمية، نظراً لأن قيمة الجهد عبر أطراف الملف الثانوي أقل من قيمته الإسمية.

للتيار أحادي الطور:

$$S = U_2 \cdot I_2$$

للتيار ثلاثي الأطوار:

$$S = U_2 \cdot I_2 \cdot 1{,}73$$

P_1 = **القدرة المعطاة** = القدرة الفعالة عبر أطراف الملف الابتدائي

P_2 = **القدرة المستفادة** = القدرة الفعالة عبر أطراف الملف الثانوي

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2$$

U_{sh} = **جهد دائرة القصر** = الجهد عبر أطراف الملف الابتدائي إذا مرّ فيه التيار الابتدائي الإسمي عند قصر دائرة الملف الثانوي، أو الجهد عبر أطراف الملف الثانوي، إذا مر فيه التيار الثانوي الإسمي عند قصر دائرة الملف الابتدائي. وتعطى U_{sh} كنسبة مئوية.

$$U_{Sh} = \frac{U_1^* \cdot 100}{U_1}$$

الـكفاية (η) = $\dfrac{\text{القدرة المستفادة}}{\text{القدرة المستفادة + المفقودات}}$

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + L}$$

المواءمة (رفع أو خفض المقاومة): وفقا للقانون العام للمواءمة تكون الـكفاية في دائرة كهربائية أكبر ما يمكن، إذا تساوت المقاومة الداخلية لمصدر الجهد الـكهربائي مع مقاومة المستهلك (الجهاز) الموصل بالدائرة. وعند المواءمة الصحيحة تكون نسبة المقاومات مساوية لمربع نسبة تحويل المحول.

$$\frac{R_i}{R_{ex}} = t_r^2$$

$$t_r = \sqrt{\frac{R_i}{R_{ex}}}$$

$$R_i = R_{ex} \cdot t_r^2$$

$$R_{ex} = \frac{R_i}{t_r^2}$$

مثال (١): الجهد الابتدائي الإسمي $U_1 = 220\ V$، والتيار الابتدائي الإسمي $I_1 = 50\ A$، وجهد دائرة القصر $U_1^* = 5{,}5\ V$

$$U_{sh} = \frac{5{,}5 \cdot 100}{220} = 2{,}5\%$$

مثال (٢): المقاومة الداخلية لميكروفون $R_i = 100\ \Omega$. يراد توصيلها بمضخّم مقاومة دخوله $R_{ex} = 4900\ \Omega$. إحسب نسبة التحويل للمحول:

الحل: $tr = \sqrt{\dfrac{4900}{100}} = \dfrac{7}{1}$

عدد اللفات لمحولات الأجهزة للقدرات التي تصل إلى 1000 W وبتردد 50 Hz و B = 1,2 T.

$$N = \frac{10^4 \cdot U}{4{,}44 \cdot f \cdot B \cdot A_{Fe}}$$

الوحدات: التردد (f) بوحدة (Hz) والحث المغنطيسي في القلب الحديدي (B) بوحدة (T) والمقدار 4,44 = ثابت $\left(\frac{2\pi}{\sqrt{2}}\right)$ ومساحة مقطع القلب الحديدي (القلب كله من الحديد) (F_e) بوحدة (cm^2). (وإذا فرض أن معامل الملء 0,9، فإن $N = \frac{42}{A_{Fe}}$). b = عرض القلب الحديدي، t = سُمك القلب الحديدي.

عدد اللفات (N) لكل ڤولط $= \dfrac{37{,}5}{A_{Fe}}$

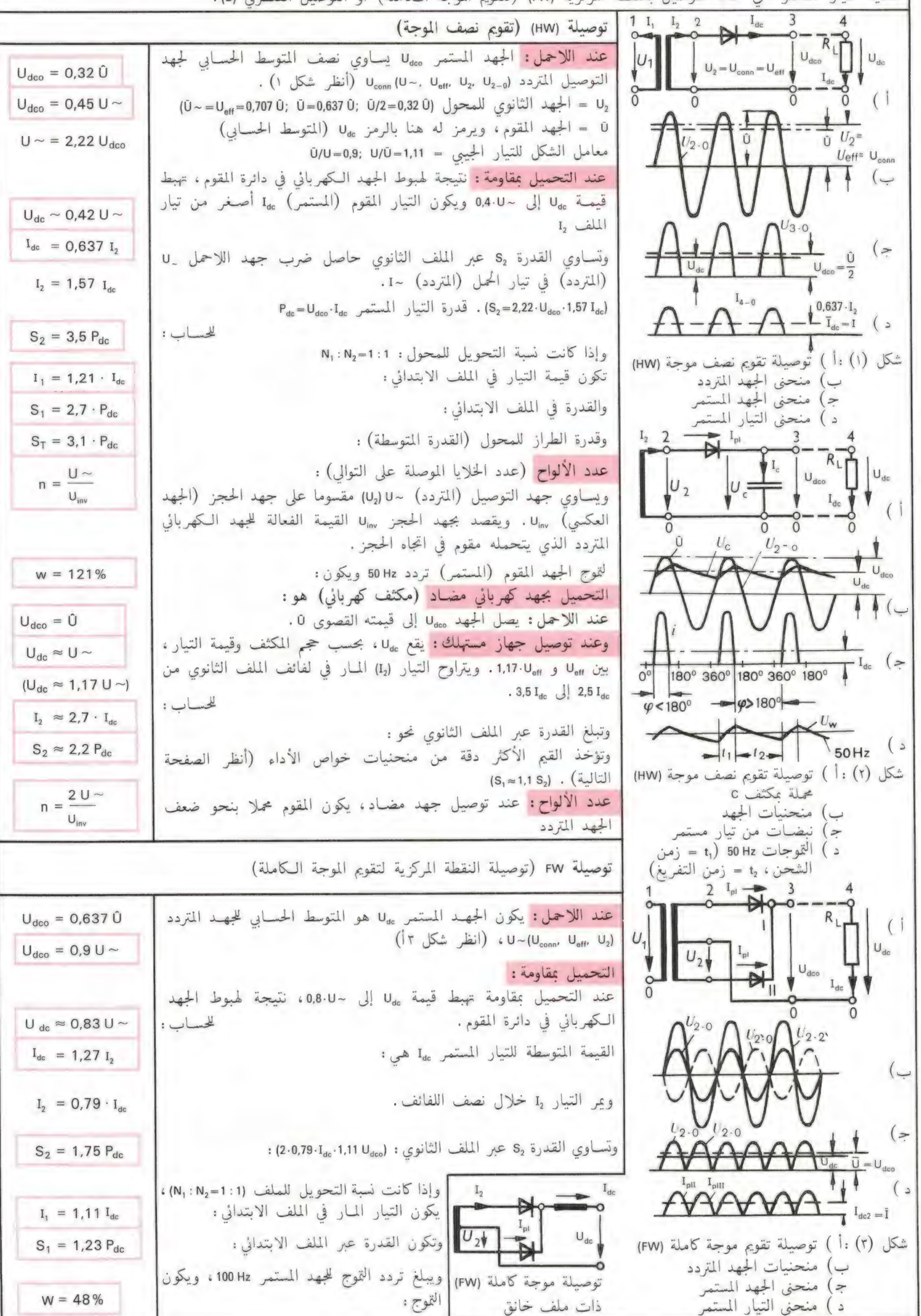
عدد اللفات (N) لكل ڤولط $= \dfrac{42}{A_{Fe}}$

$$A_{Fe} = b \cdot t$$



تقويم الجهود والتيارات المترددة بمقومات أشباه الموصلات

يجب التفرقة هنا بين حالة اللاحمل، والتحميل بمقاومة، والتحميل بجهد مضاد (عملية شحن بطارية أو مكثف كهربائي)، والتشغيل بملف خانق للتسوية لتنقية التيار المستمر. في حالة التوصيل بالنقطة المركزية (FW) (لتقويم الموجة الكاملة) أو التوصيل القنطري (B).



توصيلة (HW) (تقويم نصف الموجة)

عند اللاحمل: الجهد المستمر U_{dco} يساوي نصف المتوسط الحسابي لجهد التوصيل المتردد U_{conn} $(U\sim,\ U_{eff},\ U_2,\ U_{2-0})$ (أنظر شكل ١).

U_2 = الجهد الثانوي للمحول $(\hat{U}\sim = U_{eff} = 0{,}707\ \hat{U};\ \bar{U} = 0{,}637\ \hat{U};\ \hat{U}/2 = 0{,}32\ \hat{U})$

$\bar{U}$ = الجهد المقوم، ويرمز له هنا بالرمز U_{dc} (المتوسط الحسابي)

معامل الشكل للتيار الجيبي = $\bar{U}/U = 0{,}9;\ U/\bar{U} = 1{,}11$

$U_{dco} = 0{,}32\ \hat{U}$

$U_{dco} = 0{,}45\ U\sim$

$U\sim = 2{,}22\ U_{dco}$

عند التحميل بمقاومة: نتيجة لهبوط الجهد الكهربائي في دائرة المقوم، تهبط قيمة U_{dc} إلى $0{,}4 \cdot U\sim$ ويكون التيار المقوم (المستمر) I_{dc} أصغر من تيار الملف I_2

$U_{dc} \sim 0{,}42\ U\sim$

$I_{dc} = 0{,}637\ I_2$

$I_2 = 1{,}57\ I_{dc}$

وتساوي القدرة S_2 عبر الملف الثانوي حاصل ضرب جهد اللاحمل $U\sim$ (المتردد) في تيار الحمل (المتردد) $I\sim$.

$(S_2 = 2{,}22 \cdot U_{dco} \cdot 1{,}57\ I_{dc})$. قدرة التيار المستمر $P_{dc} = U_{dco} \cdot I_{dc}$

الحساب:

$S_2 = 3{,}5\ P_{dc}$

وإذا كانت نسبة التحويل للمحول $N_1 : N_2 = 1 : 1$
تكون قيمة التيار في الملف الابتدائي:

$I_1 = 1{,}21 \cdot I_{dc}$

والقدرة في الملف الابتدائي:

$S_1 = 2{,}7 \cdot P_{dc}$

وقدرة الطراز للمحول (القدرة المتوسطة):

$S_T = 3{,}1 \cdot P_{dc}$

عدد الألواح (عدد الخلايا الموصلة على التوالي):
ويساوي جهد التوصيل (المتردد) $(U_2)\ U\sim$ مقسوما على جهد الحجز (الجهد العكسي) U_{inv}. ويقصد بجهد الحجز U_{inv} القيمة الفعالة للجهد الكهربائي المتردد الذي يتحمله مقوم في اتجاه الحجز.

$$n = \frac{U\sim}{U_{inv}}$$

لتموج الجهد المقوم (المستمر) تردد 50 Hz ويكون:

$w = 121\%$

التحميل بجهد كهربائي مضاد (مكثف كهربائي) هو:

عند اللاحمل: يصل الجهد U_{dco} إلى قيمته القصوى $\hat{U}$.

$U_{dco} = \hat{U}$

وعند توصيل جهاز مستهلك: يقع U_{dc}، بحسب حجم المكثف وقيمة التيار، بين U_{eff} و $1{,}17 \cdot U_{eff}$. ويتراوح التيار (I_2) المار في لفائف الملف الثانوي من $2{,}5\ I_{dc}$ إلى $3{,}5\ I_{dc}$.

$U_{dc} \approx U\sim$

$(U_{dc} \approx 1{,}17\ U\sim)$

الحساب:

$I_2 \approx 2{,}7 \cdot I_{dc}$

وتبلغ القدرة عبر الملف الثانوي نحو:

$S_2 \approx 2{,}2\ P_{dc}$

وتؤخذ القيم الأكثر دقة من منحنيات خواص الأداء (أنظر الصفحة التالية) $(S_1 \approx 1{,}1\ S_2)$.

عدد الألواح: عند توصيل جهد مضاد، يكون المقوم محملا بنحو ضعف الجهد المتردد

$$n = \frac{2\ U\sim}{U_{inv}}$$

شكل (١): أ) توصيلة تقويم نصف موجة (HW)
ب) منحنى الجهد المتردد
ج) منحنى الجهد المستمر
د) منحنى التيار المستمر

شكل (٢): أ) توصيلة تقويم نصف موجة (HW) محملة بمكثف C
ب) منحنيات الجهد
ج) نبضات من تيار مستمر
د) التموجات 50 Hz (t₁ = زمن الشحن، t₂ = زمن التفريغ)

توصيلة FW (توصيلة النقطة المركزية لتقويم الموجة الكاملة)

عند اللاحمل: يكون الجهد المستمر U_{dc} هو المتوسط الحسابي للجهد المتردد $U\sim(U_{conn},\ U_{eff},\ U_2)$، (أنظر شكل ٣أ)

$U_{dco} = 0{,}637\ \hat{U}$

$U_{dco} = 0{,}9\ U\sim$

التحميل بمقاومة:
عند التحميل بمقاومة تهبط قيمة U_{dc} إلى $0{,}8 \cdot U\sim$، نتيجة لهبوط الجهد الكهربائي في دائرة المقوم.

الحساب:

$U_{dc} \approx 0{,}83\ U\sim$

القيمة المتوسطة للتيار المستمر I_{dc} هي:

$I_{dc} = 1{,}27\ I_2$

ويمر التيار I_2 خلال نصف اللفائف.

$I_2 = 0{,}79 \cdot I_{dc}$

وتساوي القدرة S_2 عبر الملف الثانوي: $(2 \cdot 0{,}79 \cdot I_{dc} \cdot 1{,}11\ U_{dco})$:

$S_2 = 1{,}75\ P_{dc}$

وإذا كانت نسبة التحويل للملف $(N_1 : N_2 = 1 : 1)$، يكون التيار المار في الملف الابتدائي:

$I_1 = 1{,}11\ I_{dc}$

وتكون القدرة عبر الملف الابتدائي:

$S_1 = 1{,}23\ P_{dc}$

ويبلغ تردد التموج للجهد المستمر 100 Hz، ويكون التموج:

$w = 48\%$

توصيلة موجة كاملة (FW) ذات ملف خانق

شكل (٣): أ) توصيلة تقويم موجة كاملة (FW)
ب) منحنيات الجهد المتردد
ج) منحنى الجهد المستمر
د) منحنى التيار المستمر

توصيلة تقويم موجة كاملة FW ، التحميل بجهد مضـاد (مكثف كهربائي)

عند اللاحمل : يصل U_{dco} إلى القيمة القصوى $\hat{U}$

عند توصيل مستهلك بالدائرة : تقع U_{dc} ، بحسب حجم المكثف وقيمة التيار بين U_{eff} و $1{,}17 \cdot U_{eff}$ (U_2) . وتتراوح قيمة التيار I_2 المـار خلال نصف اللفائف بين $1{,}2\ I_{dc}$ و $1{,}4\ I_{dc}$

وتبلغ القدرة عبر لفائف الملف الثانوي نحو :
وتؤخذ القيم الأكثر دقة من منحنيات خواص الأداء (أنظر أسفل هذه الصفحة)

عدد ألواح أحد الفروع : $n_b = \frac{2U\sim}{U_{inv}}\ \left(\frac{2 \cdot U_2}{U_{inv}}\right)$

العدد الـكلي للألواح سواء للتحميل بمقاومة (R) أو بمكثف (C) :

ويمر نصف التيار المستمر خلال أحد الفروع :

I_b = تيار الفرع $\qquad$ I_{pl} = تيار اللوح

$U_{dco} = \hat{U}$

$U_{dc} \approx U\sim$

$(U_{dc} \approx 1{,}17\ U\sim)$

$I_2 \approx 1{,}2 \cdot I_{dc}$

$S_2 \approx 2\ P_{dc}$

$S_1 \approx 1{,}1\ S_2$

$n = \frac{4\ U\sim}{U_{inv}}$

$I_b = I_{pl} = \frac{I_{dc}}{2}$

شكل (١) توصيلة لتقويم موجة كاملة (FW)
أ) منحنى الجهد
ب) نبضـات شحن التيار
ج) تموّج التيار المستمر

توصيلة B (التوصيلة القنطرية ، توصيلة جريتز)

عند اللاحمل : الجهد المستمر = المتوسط الحسـابي .

عند التحميل بمقاومة : الجهد المستمر يسـاوي جهد اللاحمل مطروحا منه مقادير الهبوط الداخلية للجهد . وتبلغ قيمة التيار I_2 المـار خلال الملف الثانوي للمحول :

ويسـاوي التيار المـار خلال أحد الفروع $I_b = I_{pl}$ ويسـاوي I_{pl} نصف التيار المستمر

وتكون القدرة عبر لفائف الملف الثانوي :
والقدرة عبر لفائف الملف الابتدائي :
وقدرة الطراز المتوسطة :

$U_{dco} = 0{,}637\ \hat{U}$

$U_{dco} = 0{,}9\ U\sim$

$U_{dc} \approx 0{,}83\ U\sim$

$I_2 = 1{,}11\ I_{dc}$

$I_{dc} = 0{,}9\ I_2$

$I_{pl} = \frac{I_{dc}}{2}$

$S_2 = 1{,}27\ P_{dc}$

$S_1 = 1{,}23\ P_{dc}$

$S_T = 1{,}25\ P_{dc}$

عند التحميل بجهد مضـاد (انظر توصيلة HW وتوصيلة FW)

عند اللاحمل : شحن مكثف إلى القيمة العظمى :

$U_{dco} = \hat{U}$

توصيل مستهلك بالدائرة :

احسب : الجهد المستمر U_{dc} من $U\sim$ إلى $1{,}17\ U\sim$

التيار I_2 المـار خلال الملف الثانوي :

القدرة الظاهرية عبر الملف الثانوي :

عدد الألواح لكل فرع للتحميل الأومي والسعوي : $n_b = \frac{U\sim}{U_{inv}}$

ويكون العدد الـكلي :

$U_{dc} \approx U\sim$

$(U_{dc} \approx 1{,}17\ U\sim)$

$I_2 \approx 1{,}9\ I_{dc}$

$S_2 \approx 1{,}6\ P_{dc}$

$n = 4\ \frac{U\sim}{U_{inv}}$

شكل (٢) توصيلة قنطرية (B)
أ) منحنى الجهد
ب) الجهد المستمر
ج) التيار المستمر

$I_{dc} = 0{,}9 \cdot I_2$

شكل (٣) : أ) الجهود
ب) نبضـات تيار الشحن

منحنيات التيار والجهد لتوصيلة HW عند التحميل بمكثف

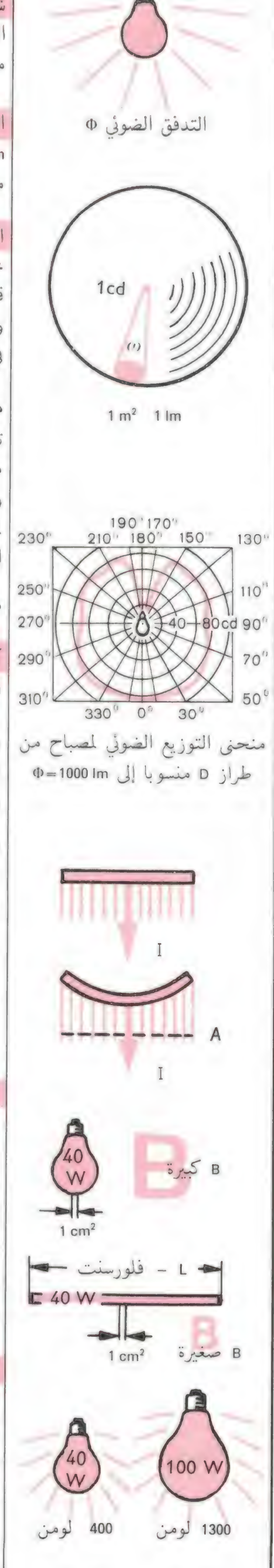
مقوم سلنيوم مع مكثف C = 60 µF
مقوم سلنيوم مع مكثف C = 32 µF
مقوم صمامي مع مكثف C = 60 µF

المقوم الصمامي الثرميوني

للتوصيلات (FW, HW) فقط
تطبق هنا نفس الصيغ الخاصة بالمقوم الجاف . وتكون المقاومات في دائرة المقوم أكبر وخاصة عند وجود مقاومة حماية للمهبط في دائرة المصعد .
مسـار الجهد (أنظر الرسم)

توصيلة FW مع ملف خانق	توصيلة B مع ملف خانق	توصيلة نجمة	توصيلة قنطرة ثلاثية الأطوار
		لمخطط التوصيل أنظر صفحة ١٨٤	لمخطط التوصيل أنظر صفحة ١٨٤
$U_{dco} = 0{,}9\ U\sim$ $\quad S_1 = 1{,}11\ P_{dc}$	$U_{dco} = 0{,}9\ U\sim$ $\quad S_2 = 1{,}11\ P_{dc}$	$U_{dco} = 1{,}15\ U\sim$ $\quad S_2 = 1{,}51\ P_{dc}$	$U_{dco} = 2{,}32\ U\sim$ $\quad S_2 = 1{,}05\ P_{dc}$
$U_{dc} \approx 0{,}82\ U\sim$ $\quad S_T = 1{,}34\ P_{dc}$	$U_{dc} \approx 0{,}82\ U\sim$ $\quad S_1 = 1{,}11\ P_{dc}$	$U_{dc} \approx U\sim$ $\quad S_1 = 1{,}23\ P_{dc}$	$U_{dc} \approx 2{,}2\ U\sim$ $\quad S_1 = 1{,}05\ P_{dc}$
$I_{dc} = 1{,}41\ I_2$ $\quad S_2 = 1{,}57\ P_{dc}$	$I_{dc} = I_2$ $\quad S_T = 1{,}11\ P_{dc}$	$I_{dc} = 1{,}7\ I_2$ $\quad S_T = 1{,}37\ P_{dc}$	$I_{dc} = 1{,}22\ I_2$ $\quad S = 1{,}05\ P_{dc}$
$I_{pl} = \frac{1}{2} I_{dc}$	$I_{pl} = \frac{1}{2} I_{dc}$	$I_{pl} = \frac{1}{3} I_{dc}$	$I_{pl} = \frac{1}{3} I_{dc}$

القيم الضوئية



يقع تردد الضوء المحسوس للإنسان في نطاق يتراوح من حوالي $4 \cdot 10^{14}$ Hz إلى $8 \cdot 10^{14}$ Hz أو من 750 nm إلى 380 nm .

شدة الضوء I : وحدة شدة الضوء هي الكنديلا (cd) .
الوحدة الأساسية : 1 cd هي شدة الضوء الناتج من مساحة $1/60\ cm^2$ من سطح جسم أسود مشع مسخن إلى درجة حرارة 2 046 K (درجة تجمد البلاتين) وذلك في الإتجاه العمودي على السطح .

$\Phi = I \cdot \Omega$

$1\ lm = 1\ cd \cdot sr$

التدفق الضوئي Φ : وحدة التدفق الضوئي هي اللومن (lm) .
1 lm يساوي التدفق الضوئي المرسل في جميع الاتجاهات بانتظام في الزاوية الفراغية $\Omega = 1\ sr$ من مصدر ضوئي – بشكل نقطة – شدته الضوئية 1 cd .

الزاوية المجسمة (الفراغية) Ω : وحدة الزاوية المجسمة (الفراغية) هي الستيراديانت (sr نقي مجسم) . sr يساوي الزاوية المجسمة التي تقطع قطاعا كرويا مساحته $1\ m^2$ من سطح كرة نصف قطرها 1 m .
وينتج عن الزاوية المجسمة والقطاع الكروي معا مخروط قائم قاعدته هي القطاع الكروي ورأسه في مركز الدائرة .

مثال : مصدر ضوئي شدته الضوئية $I = 1\ cd$ موضوع في مركز كرة نصف قطرها الوحدة ، يبعث تدفقا ضوئيا (قدرة ضوئية) مقداره $\Phi = 12{,}57\ sr \cdot 1\ cd = 12{,}57\ lm$
مساحة سطح الكرة A : $(A = 4 \cdot \pi r^2 = 12{,}56\ m^2,\ \Omega = 12{,}57\ sr)$.
وتعطي الشركات المنتجة للمصابيح المتوهجة ومثيلاتها من المصادر الضوئية قيم القدرة الضوئية لمنتجاتها من مصادر الضوء في نشرات وكتالوجات ، للاستعانه بها في تخطيط وتصميم تجهيزات الإضاءة .

مثال : التدفق الضوئي (القدرة الضوئية) لمصباح متوهج 220 V/40 W من الطراز D هو $\Phi = 400\ lm$.

$Q = \Phi \cdot t$

كمية الضوء Q : هي حاصل ضرب التدفق الضوئي في زمن إنبعاثه
الوحدات : كمية الضوء (Q) بوحدة (lmh) ، والتدفق الضوئي (Φ) بوحدة (lm) والزمن (t) بوحدة (h) .

وتؤخذ قيم شدة الضوء (I) بوحدة (cd) التي تنبعث في زاوية ، من منحنيات التوزيع الضوئي المستنبطة لمصادر الضوء والمصابيح .
وتكون هذه المنحنيات في أغلب الأحوال منسوبة إلى قدرة ضوئية مقدارها $\Phi = 1000\ lm$.

مثال : نستدل من منحنى التوزيع الضوئي لمصباح طراز D وقدرته 40 W أنه يشع عموديا إلى أسفل (بزاوية 0°) نحو 100 cd/1000 lm . وتبلغ شدة الإضاءة المناظرة لقدرة ضوئية مقدارها 400 lm (عند 40 W) نحو :

$$100\ cd \cdot \frac{400\ lm}{1000\ lm} = 40\ cd$$

وتبلغ شدة الإضاءة على زاوية 90° نحو :

$$70\ cd \cdot \frac{400\ lm}{1000\ lm} = 28\ cd\ .$$

$L = \frac{I}{A}$

$L = E \cdot \varrho$

الكثافة الضوئية L : وحدة الكثافة الضوئية هي الكنديلا لكل متر مربع (cd/m^2) . وتستخدم في الحسابات عادة الوحدة (cd/cm^2) أيضا .
الكثافة الضوئية = كثافة الضوء الواقع على مساحة معينة .
A = المساحة المشعة (المضيئة) لمصدر ضوئي بوحدات m^2 أو cm^2 وتعتبر الكثافة الضوئية أيضا مقياسا للبهر المباشر .
كذلك فإنها تعتبر مقياسا للحكم على قدرة عكس الأشعة لمساحة تسقط عليها الأشعة الضوئية .
E = شدة الإضاءة باللوكس (lx) (أنظر الصفحة التالية) .
ϱ = معامل الإنعكاس (1/sr) (أنظر صفحة ١٤٢ و ١٤٣) .

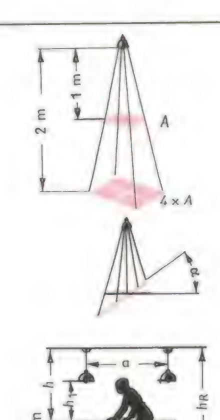
$\eta = \frac{\Phi}{P}$

كفاية الإضاءة (η) : هي التدفق الضوئي للمصباح لكل واط من استهلاك القدرة . وهي مقياس لاقتصادية أي منبع ضوئي كهربائي .
الوحدة : كفاية الإضاءة (η) بوحدة (lm/W) والتدفق الضوئي (Φ) بوحدة (lm) والقدرة (P) بوحدة (W) .
مقارنة :

مصباح متوهج 220 V/15 W : $\Phi = 120\ lm;\quad \eta = \frac{120\ lm}{15\ W} = 8\ lm/W$

مصباح من طراز NL 220 V/78 W بملف خانق : $\Phi = 3600\ lm;\quad \eta = \frac{3600\ lm}{78\ W} \approx 46\ lm/W$

قيم الإضـاءة



h_R = إرتفاع الغرفة

إرتفاع السقف فوق مستوى الإسناد (القياس) = h

مستوى الإسناد (القياس) = 0,85 m

شدة الإضـاءة E = التدفق الضوئي (Φ) السـاقط على وحدة المسـاحة A . ووحدة شدة الإضـاءة (E) هي اللوكس (lx) .

تبلغ شدة الإضـاءة 1 Lux عند سقوط تدفق ضوئي مقداره 1 Lumen على سطح مسـاحته $1\ m^2$.

وتتناسب شدة الإضـاءة في إتجاه معين عكسيا مع :

أ) مربع البعد ،

ب) زاوية ميل السطح السـاقطة عليه الأشعة بالنسبة للخط العمودي عليها .

ولا يطبق قانون البعد التربيعي على الغرف المغلقة نتيجة لإنعكاس الضوء من الجدران والسقف وبسبب حجم وشكل المصـابيح . وتؤخذ كفاية الإضـاءة (η_I) في الاعتبار ، عند حسـاب التدفق الضوئي (Φ) اللازم لتوفير إضـاءة متوسطة كافية .

كفاية الإضـاءة (η_I) هي حاصل ضرب كفاية الغرفة (η_R) في كفاية المصباح (η_L) . وتؤخذ قيم كفاية الإضـاءة من الجداول ، ويتوقف مقدارها على : نوع الإضـاءة وحجم وارتفاع الغرفة ولون السقف والجدران وكفاية المصـابيح وارتفاعها عن الأرض .

$$E=\frac{\Phi}{A}$$

$$\Phi=E\cdot A \qquad A=\frac{\Phi}{E}$$

$$E=\frac{I}{r^2}$$

$$E=\frac{I}{r^2}\cdot\cos\alpha$$

$$\Phi=\frac{E\cdot A}{\eta_I}$$

$$(\eta_I=\eta_R\cdot\eta_L)$$

الـكفاية الضرورية للإضـاءة العامة الداخلية η_I

		مباشرة $\eta_L=0,65$		ذو غالبية مباشرة $\eta_L=0,80$		شبه مباشرة $\eta_L=0,80$		غير مباشرة $\eta_L=0,70$		فلورسنت $\eta_L=100$		غير مباشرة (إضاءة محجوبة)	
١ – السقف		فاتح	فاتح بدرجة متوسطة	فاتح	فاتح بدرجة متوسطة	فاتح	فاتح بدرجة متوسطة	فاتح	فاتح بدرجة متوسطة	فاتح	فاتح بدرجة متوسطة	فاتح	فاتح بدرجة متوسطة
٢ – الجدران		فاتح بدرجة متوسطة	معتم	فاتح بدرجة متوسطة	معتم	فاتح بدرجة متوسطة	معتم	فاتح بدرجة متوسطة	معتم	فاتح بدرجة متوسطة	معتم	بدرجة متوسطة	معتم
عرض الغرفة b مقسوما على إرتفاع السقف (h) فوق مستوى الإسناد (القياس) ١)	0,6	–	–	–	–	0,14	0,07	0,11	0,06	–	–	0,15	0,10
	1	0,25	0,18	0,17	0,09	0,21	0,13	0,15	0,08	0,21	0,13		
	1,5	0,36	0,30	0,25	0,16	0,27	0,17	0,20	0,11	0,30	0,20		
	2,5	0,44	0,40	0,33	0,23	0,35	0,24	0,26	0,16	0,39	0,27		
	4	0,51	0,47	0,41	0,30	–	–	–	–	0,45	0,37		
	5	–	–	–	–	0,46	0,33	0,34	0,22	0,53	0,40		
	8	0,58	0,54	0,53	0,41	–	–	–	–	0,62	0,46		

مستوى الإسناد (القياس) = 0,85 m فوق الأرضية . ويستخدم الجدول لغرفة مربعة ومسـافة بين المصـابيح a تتراوح من 1 إلى 2 مضروبا في إرتفاع المصباح عن الأرض .

للغرف المستطيلة : $\eta_I=\eta_b+\frac{1}{3}(\eta_l-\eta_b)$

$$\text{نسبة الغرفة } V_1=\frac{\text{عرض الغرفة (b)}}{\text{إرتفاع السقف فوق مستوى الإسناد}}$$

ومنها نحصل على كفاية الإضـاءة η_b من الجدول .

$$\text{نسبة الغرفة } V_2=\frac{\text{طول الغرفة l}}{\text{إرتفاع السقف فوق مستوى الإسناد}}$$

ومنها نحصل على كفاية الإضـاءة (η_l) من الجدول .

مثال : غرفة مكتب طولها 12,5 m وعرضها 6 m وارتفاعها 3,5 m ، السقف أبيض اللون والجدران مطلية بلون أصفر فاتح والنوافذ مزودة بستائر بيضاء المطلوب توفير إضـاءة متوسطة شدتها 300 lx بواسطة مصـابيح متوهجة .

η_b (من الجدول) تسـاوي نحو 0,38 $\quad v_1=\frac{6}{2,65}\approx 2,3,$

η_l (من الجدول) تسـاوي نحو 0,53 $\quad v_2=\frac{12,5}{2,65}\approx 5,$

$$\eta_I=0,38+\frac{1}{3}(0,53-0,38)=0,43 \qquad \Phi=\frac{300\ lx\cdot 75\ m^2}{0,43}\approx 52400\ lm$$

ولذا نختار 16 مصباحا متوهجا من طراز NL 65 W ، تبعد عن بعضها 1500 mm .

ويبلغ التدفق الضوئي لكل منها 3500 lm . شدة الإضـاءة E = 320 lx .

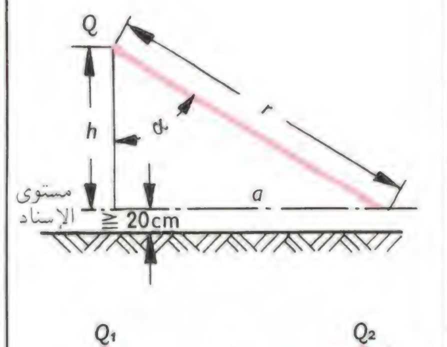
قيم موصى بها للإضـاءة (للحساب التقريبي)

نوع الغرف	مضـاءة بواسطة : مصباح متوهج حوالي : Watt/m²	مصباح فلورسنت حوالي : Watt/m²
مطبخ – غرفة معيشة	15 ... 22	6 ... 8
غرفة نوم – حمام – دهليز – سلم المنزل – ممرات – غرفة الطعام	7 ... 11	3 ... 4
دورات المياه – قبو – الغرف الأرضية	4 ... 6	1,5 ... 2
غرف التخزين والعمل : غرف الحليب (اللبن) – غرف علف الماشية – المغاسل – المصانع	7 ... 11	3 ... 4
الجراجات	4 ... 6	1,5 ... 2
الحظائر : حظائر الأبقار – منطقة حلب اللبن	7 ... 11	3 ... 4
الأماكن الأخرى	4 ... 6	1,5 ... 2

١) ارتفاع السقف h = المسافة بين مستوى الإسناد والسقف للإضـاءة غير المباشرة أو ذات الغالبية غير المباشرة .

h_1 = المسافة بين مستوى الإسناد والسقف للأضـاءة المباشرة أو ذات الغالبية المباشرة .

إضـاءة الشوارع وأفنية المصـانع



طريقة النقطة الضوئية

تستخدم هذه الطريقة عند امكان اعتبار المنبع الضوئي (Q) نقطة بالنسبة لبعد الاضـاءة (r) ويكون ذلك في الحالات التالية :

أ) المنابع الضوئية المعتادة بعيدة الإضاءة، إذا زادت r عن حوالي 3 m .

ب) المصابيح مستقيمة الشكل (مصابيح الفلورسنت) إذا زادت r عن نحو 6 m .

وتتوقف شدة الإضـاءة (E) على :

أ) شدة الضوء (I_α) عند زاوية السقوط .

ب) البعد (r)

ج) زاوية السقوط (α)

وتقع القيمة الصغرى لشدة الإضـاءة بين مصدرين للضوء . ويشترط في كل مصدر ضوئي توفير نصف القيمة الصغرى تقريبا لشدة الإضـاءة .

ولعمل الحسـابات نفترض أن :

١) القيمة المتوسطة لشدة الإضـاءة (المطلوبة) (E_m)

٢) القيمة الصغرى لشدة الإضـاءة (E_{min}) المسموح بها .

٣) درجة التجانس (g_1)

٤) ارتفاع المصـابيح عن الأرض (h)

٥) البعد بين كل مصباحين (a)

ويتوقف كل من ارتفاع المصابيح عن الأرض والبعد بين كل مصباحين على الخواص الإشعاعية للمصابيح (منحنى التوزيع الضوئي)

$$E = \frac{I\alpha \cdot \cos\alpha}{r^2}$$

$$E = \frac{I\alpha \cdot \cos^3\alpha}{h^2}$$

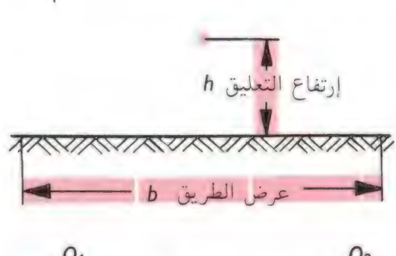
$$I\alpha = \frac{E \cdot h^2}{\cos^3\alpha \cdot 2}$$

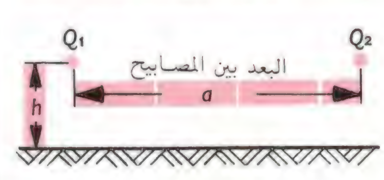
$$g_1 = \frac{E_{min}}{E_m}$$

$$g_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

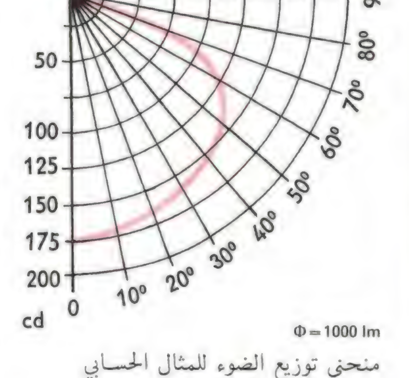
$$\frac{h}{b} > \frac{1}{3}$$

$$a = 3 \cdots 4\,h$$





طبقا للمواصفات DIN 5044	لون أرضية الطريق	متوسط شدة الإضـاءة الأفقية E_m (قيم موصى بها) على أرض الطريق: E_m (lux)	تجانس شدة الإضـاءة (قيم صغرى): $g_1 = \frac{E_{min}}{E_m}$	$g_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$
طريق سريع خلال المدينة شـارع سريع شـارع رئيسي لحركة المرور	قاتم فاتح	16 8	1 : 3	1 : 6
شـارع حركة مرور	قاتم فاتح	12 6		
شـارع تجميع المرور (ملتقى الطرق)	قاتم فاتح	4 2	1 : 4	1 : 8
زقاق (حارة)	–	> 1	–	–
فناء مصنع مكان تخزين أو شونة	–	8 . . . 15 5 . . . 10	–	1 : 2 . . . 1 : 3



منحنى توزيع الضوء للمثال الحسـابي

مثال : شـارع عرضه 20 m مزدحم المرور وشدة الإضـاءة الصغرى فيه 3 lx وارتفاع تعليق المصـابيح المختار (فوق مستوى الإسناد) h=9 m ، والبعد بين المصـابيح a=24 m . من الرسم نحصل على قيمة α المناظرة للإرتفاع h=9 m ، وهي 53° . ووفقا لمنحنى توزيع الضوء فإن I=145 cd لكل 1000 lm من القدرة الضوئية . أثبت أن شدة الإضـاءة كافية لإضـاءة الشـارع بما يسـاوي القيمة الصغرى لشدة الإضـاءة $E_m = 3$ lx .

$$I = \frac{E_{min} \cdot h^2}{\cos^3\alpha \cdot 2} = \frac{3 \cdot 81}{0{,}218 \cdot 2} = 560 \text{ cd}$$

تكون القدرة الضوئية المطلوبةI :

$$I = \frac{560 \cdot 1000}{145} = 3850 \text{ lm}$$

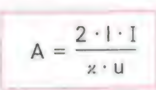
بذا يختار مصباح من طراز HWA 250 ، شدة إضـاءته 4700 lm (أنظر جدول المصـابيح) .

شدة الإضـاءة الصغرى :

$$E_{min} = \frac{2 \cdot I_{53°} \cdot \cos^3 53°}{h^2} = \frac{2 \cdot 145 \cdot 4700 \cdot 0{,}218}{81 \cdot 1000} = 3{,}7 \text{ lx}$$

ولزاوية α=0° (في اتجاه رأسي أسفل مصدر الضوء) تكون شدة الضوء I=175 cd (أنظر المنحنى) ، وشدة الإضـاءة : $E = \frac{175 \cdot 4700}{81 \cdot 1000} = 10{,}2$ lx ومن العلاقة $\frac{E_{53°}}{E_{0°}} = \frac{3{,}7}{10{,}2} = 0{,}36$ نستنتج أن النسبة $\frac{E_{min}}{E_{max}}$ كافية أيضـا .

α°	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
cos³ α	0,988	0,955	0,901	0,829	0,744	0,649	0,550	0,450	0,35	0,265	0,188	0,125	0,075	0,04



حسابات خطوط التوصيل الكهربائية

الخطوط غير المتفرعة في شبكة التيار المستمر

أ) نظام الموصلين

تحسب مساحة المقطع A عند اختيار الحد الأقصى المسموح به لهبوط الجهد الكهربائي من الصيغة الرياضية :

$$A = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\varkappa \cdot u}$$

ويمكن حساب قيمة الهبوط في الجهد الكهربائي u من الصيغة :

$$u = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\varkappa \cdot A}$$

تحوّل قيمة الهبوط في الجهد الكهربائي حسابيا من Volt إلى نسب مئوية (u%) . وينتج التيار I من مجموع كل القدرات المعطاة P_i مقسوما على الجهد الكهربائي U عند نهاية الخط . وفي حسابات المحركات تؤخذ الكفاية η في الاعتبار، عند التعويض في الصيغ الرياضية بالقدرات الإسمية P_N .

$$u\,\% = \frac{u \cdot 100}{U}$$

$$I = \frac{P_i}{U}$$

$$I = \frac{P_N}{U \cdot \eta}$$

ويراعى تيار البدء I_{st} عند حساب هبوط الجهد الكهربائي، على ألا تتجاوز قيمته 1,7 من التيار الإسمي .

$$I_{st} = 1{,}7 \cdot I$$

$$A = \frac{2 \cdot l \cdot P_i}{\varkappa \cdot u \cdot U}$$

$$u = \frac{2 \cdot l \cdot P_i}{\varkappa \cdot A \cdot U}$$

$$u\,\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{\varkappa \cdot A \cdot U}$$

مثال : محركان بيانات كل منهما هي 5,5 kW/220 V, η=0,8 ، موصلان عند نهاية خط طوله 60 m ويدوران في آن واحد .

احسب كلاً من I و I_{st} و u بوحدة (V) و كنسبة مئوية .

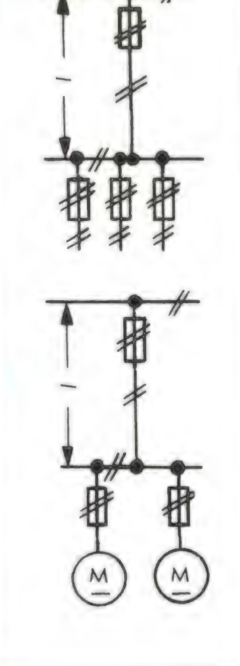
الحل :

$$I = \frac{2 \cdot 5500\ \text{W}}{220\ \text{V} \cdot 0{,}8} = 62{,}6\ \text{A};$$

$$I_{st} = 1{,}7 \cdot 62{,}5\ \text{A} \approx 106\ \text{A}$$

$$u = \frac{2 \cdot 60\ \text{m} \cdot 106\ \text{A}}{56\ \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 50\ \text{mm}^2} \approx 4{,}5\ \text{V};$$

$$u\% = \frac{4{,}5\ \text{V} \cdot 100}{220\ \text{V}} \approx 2\%$$



ب) نظام الثلاث موصلات

يعوض هنا بقيمتي الجهد الكهربائي في الموصل الخارجي U_L والتحميل الكلي (القدرة الكلية) P_t مع افتراض انعدام التيار في الموصل المحايد .

ويتم الحساب بنفس الطريقة المتبعة في نظام الموصلين، على أساس توزيع منتظم للتحميل .

P_t = القدرة الكلية المأخوذة من كلا نصفي الشبكة

I = التيار المار في الموصل الخارجي .

U_L = الجهد بين الموصلين الخارجيين .

$$I = \frac{P_t}{U_L}$$

$$A = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\varkappa \cdot u}$$

$$u = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\varkappa \cdot A}$$

فقد القدرة بالواط : $P_l = I^2 \cdot R$

$$P_l = \frac{I^2 \cdot 2 \cdot l}{\varkappa \cdot A}$$

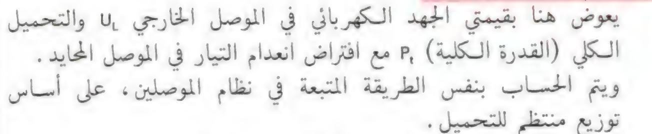
فقد القدرة كنسبة مئوية :

$$p\,\% = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot 100}{\varkappa \cdot A \cdot U_L}$$

$$p\,\% = \frac{200 \cdot l \cdot P_i}{\varkappa \cdot A \cdot U_L^2}$$

مثال : 20 مصباحاً متوهجاً، قدرة كل منها 200 W ، موصلة بشبكة 2×220 V ، ويبلغ طول خط التوصيل الأساسي 35 m ، والهبوط في الجهد الكهربائي u=6,6 V (1,5%) . احسب شدة التيار اللازمة (I) ومساحة مقطع الموصل الملائم (A) .

الحل :



$u = 6{,}6\ \text{V}\ (1{,}5\%)$.

$$I = \frac{200\ \text{W} \cdot 20}{440\ \text{V}} = 9{,}1\ \text{A},$$

$$A = \frac{2 \cdot 35 \cdot 9{,}1\ \text{A}}{56\ \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 6{,}6\ \text{V}} = 1{,}7\ \text{mm}^2$$

ونختار هنا القيمة : $2{,}5\ \text{mm}^2$

خطوط التوصيل غير المتفرعة في دائرة التيار المتردد

أ) التحميل اللاحثي

تنطبق هنا نفس الصيغ الرياضية المستخدمة في نظم الموصلين للتيار المستمر .

ب) التحميل بجزء حثي

لحساب يعوض هنا بقيمة فرق الجهد . (ولا يجوز - طبقا للمواصفات القياسية DIN 40115 - استخدام كلمة «فقد الجهد» في دوائر التيار المتردد) ويقصد بفرق الجهد الكهربائي، الفرق الفعلي بين قيمتي الجهد في بداية خط التوصيل ونهايته .

$$A = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{\varkappa \cdot U_{diff}}$$

$$U_{diff} = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{\varkappa \cdot A}$$

$$A = \frac{2 \cdot l \cdot P_a}{\varkappa \cdot U \cdot U_{diff}}$$

$$U_{diff} = \frac{2 \cdot l \cdot P_a}{\varkappa \cdot A \cdot U}$$

$$u\,\% = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot 100}{\varkappa \cdot A \cdot U}$$

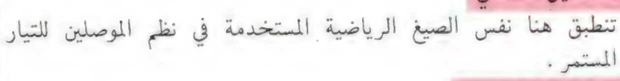
فقد القدرة كنسبة مئوية :

$$p\,\% = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot 100}{\varkappa \cdot A \cdot U \cdot \cos\varphi}$$

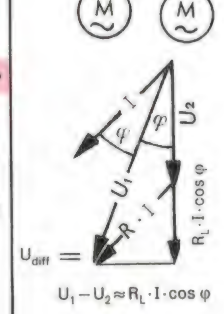
$$p\,\% = \frac{2 \cdot l \cdot P_a \cdot 100}{\varkappa \cdot A \cdot U \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \cos\varphi}$$

مثال : محرك كهربائي بياناته هي : 4 kW/220 V, cos φ=0,8, η=0,82 موصل بخط توصيل طوله 50 m ويبلغ فرق الجهد U_{diff}=6,6 V . احسب مساحة مقطع الموصل (A) .

الحل :



$$A = \frac{2 \cdot 50\ \text{m} \cdot 4000\ \text{W}}{56\ \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 6{,}6\ \text{V} \cdot 220\ \text{V} \cdot 0{,}82} \approx 6\ \text{mm}^2$$

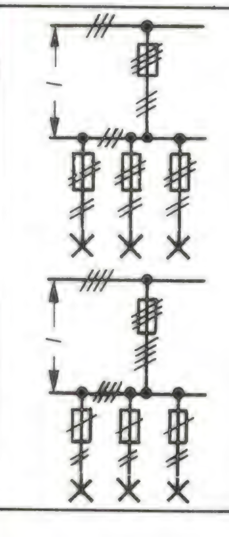


الوحدات :

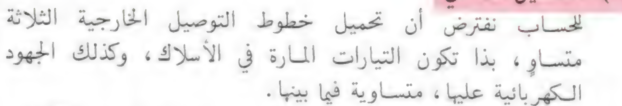
طول الموصل (l) بالمتر (m)
طول خط التوصيل (2·l) بالمتر (m)
مساحة مقطع الموصل (A) بالمليمتر المربع (mm^2)
التيار المار في الموصل (I) بالامبير (A)
جهد المستهلك (U) بالڤولط (V)
القدرة الإسمية للمستهلك (P) بالواط (W)

القدرة المعطاة في شبكة التيار المستمر (P_l) بالواط (W)
القدرة المعطاة في شبكة التيار المتردد (P_a) بالواط (W)
هبوط الجهد (u) بالڤولط (V)
فرق الجهد ($U_{diff.}$) بالڤولط (V)
النسبة المئوية لفرق الجهد $u_{\%}$ (%)
النسبة المئوية لفقد القدرة $p_{\%}$ (%)

خطوط التوصيل غير المتفرعة في شبكة التيار ثلاثي الأطوار



أ) التحميل اللاحثي



لحساب نفترض أن تحميل خطوط التوصيل الخارجية الثلاثة متساوٍ ، بذا تكون التيارات المارة في الأسلاك ، وكذلك الجهود الكهربائية عليها ، متساوية فيما بينها .
نحصل على شدة التيار (I) في الموصل الرئيسي بدلالة القدرة الكلية (P_l) وجهد الخط U_L . وتطبق الصيغ الرياضية لكل من توصيلة النجمة والتوصيلة المثلثية .

$$A = \frac{1{,}73 \cdot l \cdot I}{\varkappa \cdot u}$$

$$u = \frac{1{,}73 \cdot l \cdot I}{\varkappa \cdot A}$$

$$I = \frac{P}{1{,}73 \cdot U_L}$$

[ويكون هبوط الجهد في سلك واحد هو :]

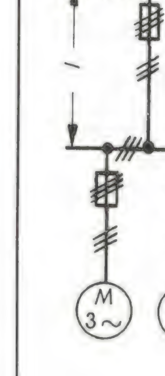
$$\left[u = \frac{l \cdot I}{\varkappa \cdot A}\right]$$

مثال : 60 مصباحاً متوهجاً قدرة كل منها 100 W موصلة بشبكة تيار متردد 220/380 V . ويبلغ طول خط التوصيل الأساسي 50 m ، والهبوط المسموح به في الجهد هو 5 V . إحسب مساحة مقطع الموصل A .

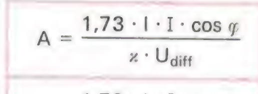
$$A = \frac{l \cdot P}{\varkappa \cdot u \cdot U_L}$$

الحل : $A = \dfrac{50\ m \cdot 6000\ W}{56 \dfrac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 5\ V \cdot 380\ V} = 2{,}8\ mm^2$

تختار القيمة $4\ mm^2$



ب) التحميل بجزء حثي :



$$A = \frac{1{,}73 \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{\varkappa \cdot U_{diff}}$$

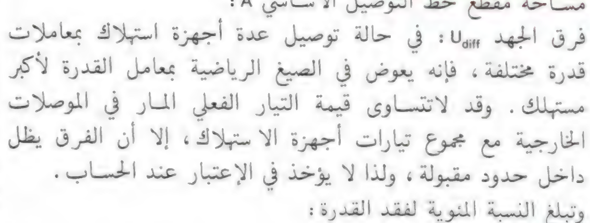
$$U_{diff} = \frac{1{,}73 \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{\varkappa \cdot A}$$



مساحة مقطع خط التوصيل الأساسي A :

$$I = \frac{\Sigma P_a}{1{,}73 \cdot U_L \cos\varphi}$$

فرق الجهد U_{diff} : في حالة توصيل عدة أجهزة استهلاك بمعاملات قدرة مختلفة ، فإنه يعوض في الصيغ الرياضية بمعامل القدرة لأكبر مستهلك . وقد لاتتساوى قيمة التيار الفعلي المار في الموصلات الخارجية مع مجموع تيارات أجهزة الاستهلاك ، إلا أن الفرق يظل داخل حدود مقبولة ، ولذا لا يؤخذ في الإعتبار عند الحساب .
وتبلغ النسبة المئوية لفقد القدرة :



$$A = \frac{l \cdot P_a}{\varkappa \cdot U_L \cdot U_{diff}}$$

$$U_{diff} = \frac{l \cdot P_a}{\varkappa \cdot A \cdot U_L}$$

$$p\,\% = \frac{1{,}73 \cdot l \cdot I \cdot 100}{\varkappa \cdot A \cdot U_L \cdot \cos\varphi}\ (\%)$$

مثال : المطلوب نقل قدرة مقدارها 11 kW إلى شبكة تيار ثلاثي الأطوار بجهد 220 V تقع على بعد 90 m من بداية خط التوصيل .
احسب مساحة مقطع الموصل A والفقد في القدرة بالنسبة المئوية $p_{\%}$. $\cos\varphi = 0{,}8$, $u = 5\%$

$$p\,\% = \frac{100 \cdot l \cdot P_a}{\varkappa \cdot A \cdot U_L \cdot U_L \cdot \cos\varphi \cdot \cos\varphi}\ (\%)$$

الحل :

$I = \dfrac{11\,000\ W}{220\ V \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}73} = 36\ A$, $A = \dfrac{1{,}73 \cdot 90\ m \cdot 36\ A \cdot 0{,}8}{56 \dfrac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 11\ V} = 7{,}2\ mm^2$

أو : $A = \dfrac{90\ m \cdot 11\,000\ W}{56 \dfrac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 11\ V \cdot 220\ V} = 7{,}2\ mm^2$

تختار القيمة $10\ mm^2$

فقد القدرة لمقطع $10\ mm^2$:

$$A = \frac{1{,}73 \cdot l \cdot I \cdot 100}{\varkappa \cdot p\,\% \cdot U_L \cdot \cos\varphi}$$

$$A = \frac{100 \cdot l \cdot P_a}{\varkappa \cdot p\,\% \cdot U_L \cdot U_L \cdot \cos\varphi \cdot \cos\varphi}$$

$p_{\%} = \dfrac{100 \cdot 90\ m \cdot 11\,000\ W}{56 \dfrac{m}{\cdot mm^2} \cdot 10\ mm^2 \cdot 220\ V \cdot 220\ V \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8} = 5{,}6\%$

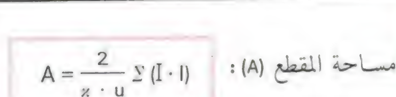
$$P_l = \frac{3 \cdot l \cdot I^2}{\varkappa \cdot A}$$

أو : $p_{\%} = \dfrac{1{,}73 \cdot 90 \cdot 36\ A \cdot 100}{56 \dfrac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 10\ mm^2 \cdot 220\ V \cdot 0{,}8} = 5{,}6\%$

ملاحظة : في حالة ظهور فرق ملحوظ في الجهد في خط التوصيل الممتد من نقطة التوزيع إلى أجهزة الاستهلاك ، فيجب إضافة قيمته إلى فرق الجهد الناشئ عن الخط الرئيسي .



الخطوط المتفرعة في شبكات التيار المستمر وشبكات التيار المتردد في حالة التحميل اللاحثي (كالتوصيلات الصاعدة لتركيبات الإضاءة).



أ) خط التوصيل ذو مقطع متماثل وهبوط مختلف في الجهد الكهربائي :

١ - الحساب بعزوم التيارات.

تكون الحسابات هنا بأسلوب يماثل حسابات خطوط التوصيل البسيطة، إلا أنه يعوض في الصيغة الرياضية بدلا من عزم التيار $I \cdot l$ بمجموع عزوم التيارات $(\Sigma I \cdot l)$:

مساحة المقطع (A) : $A = \frac{2}{\varkappa \cdot u} \Sigma (I \cdot l)$

$A = \frac{2}{\varkappa \cdot u} (I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + \ldots)$

$u = \frac{2}{\varkappa \cdot A} \Sigma (I \cdot l)$ (V)

مثال : احسب مساحة مقطع السلك (A) إذا كانت :

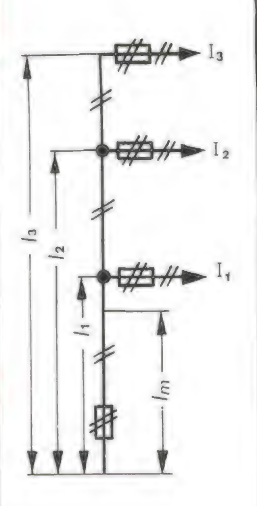
$I_1 = 5$ A, $I_2 = 8$ A, $I_3 = 4$ A, $l_1 = 7$ m,

$l_2 = 11{,}5$ m, $l_3 = 16$ m, $u = 1{,}1$ V

الحل :

$A = \frac{2}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 1{,}1\ V} (5\ A \cdot 7\ m + 8\ A \cdot 11{,}5\ m + 4\ A \cdot 16\ m) = 6{,}1\ mm^2$ (مساحة المقطع)

تختار القيمة $6\ mm^2$



٢ - الحساب بمتوسط أطوال الأسلاك.

بقسمة مجموع عزوم التيارات على مجموع التيارات تنتج قيمة يمكن اعتبارها متوسط أطوال الأسلاك.

$l_m = \frac{\Sigma (I \cdot l)}{\Sigma I}$ (m)

$l_m = \frac{I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + I_3 \cdot l_3 + \cdots}{I_1 + I_2 + I_3 + \cdots}$

$A = \frac{2 \cdot l_m \cdot \Sigma I}{\varkappa \cdot u}$

$u = \frac{2 \cdot l_m \Sigma I}{\varkappa \cdot A}$

مثال : (من قيم المثال السابق) احسب طول ومساحة مقطع الموصل.

الحل : $l_m = \frac{5\ A \cdot 7\ m + 8\ A \cdot 11{,}5\ m + 4\ A \cdot 16\ m}{5\ A + 8\ A + 4\ A} = 11{,}24\ m$

$A = \frac{2 \cdot 11{,}24\ m\ (5\ A + 8\ A + 4\ A)}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 1{,}1\ V} = 6{,}1\ mm^2$ (مساحة المقطع)

تختار القيمة $6\ mm^2$

ب) الخطوط ذات الهبوط المنتظم في الجهد الكهربائي، ولكن بمساحات مقاطع مختلفة (خطوط متدرجة في تناقص المقطع).

١ - هبوط الجهد موزع على جميع مسافات الأسلاك بانتظام.

تقسم قيمة هبوط الجهد المسموح به على عدد المسافات. (n = عدد المسافات).

$u_I = u_{II} = u_{III} = \frac{u}{n}$

ويتم حساب مساحة المقطع لكل جزء من هبوط الجهد الكهربائي على حدة.

$A_I = \frac{2 \cdot l_I \cdot I_I}{\varkappa \cdot u_I}$

$A_{II} = \frac{2 \cdot l_{II} \cdot I_{II}}{\varkappa \cdot u_{II}}$

وهكذا

مثال : احسب مساحات مقاطع الأسلاك (A_I و A_{II} و A_{III}) من البيانات التالية :

$I_1 = 30$ A, $I_2 = 20$ A, $I_3 = 15$ A, $l_I = 10$ m

$l_{II} = 8$ m, $l_{III} = 7$ m, $u = 1{,}2$ V

الحل : $I_I = 30\ A + 20\ A + 15\ A = 65\ A$

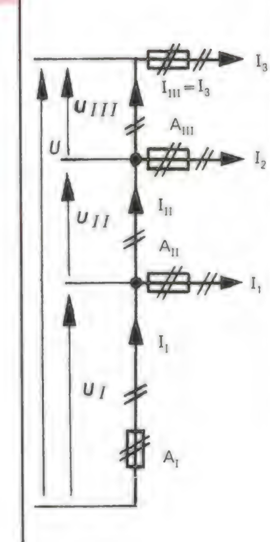
$I_{II} = 20\ A + 15\ A = 35\ A$

$I_{III} = I_3 = 15\ A;\ u_I = u_{II} = u_{III} = \frac{1{,}2\ V}{3} = 0{,}4\ V$

$A_I = \frac{2 \cdot 10\ m \cdot 65\ A}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 0{,}4\ V} = 57\ mm^2$, تختار القيمة $70\ mm^2$

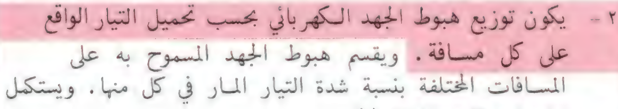
$A_{II} = \frac{2 \cdot 8\ m \cdot 35\ A}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 0{,}4\ V} = 24{,}6\ mm^2$, تختار القيمة $25\ mm^2$

$A_{III} = \frac{2 \cdot 7\ m \cdot 15\ A}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 0{,}4\ V} = 9{,}2\ mm^2$, تختار القيمة $10\ mm^2$



٢ - يكون توزيع هبوط الجهد الكهربائي بحسب تحميل التيار الواقع على كل مسافة. ويقسم هبوط الجهد المسموح به على المسافات المختلفة بنسبة شدة التيار المار في كل منها. ويستكمل الحساب كما في الحالة (١)

$u_I : u_{II} : u_{III} = I_I : I_{II} : I_{III}$



مثال : من القيم الواردة في مثال (١) أوجد مساحات مقاطع الأسلاك.

الحل : $I_I : I_{II} : I_{III} = 65 : 35 : 15 = 13 : 7 : 3$

23 جزءا = 1,2 V ، فيكون الجزء الواحد :

$\frac{1{,}2\ V}{23} = 0{,}052\ V$

$u_I = 13 \cdot 0{,}052\ V = 0{,}68\ V$

$u_{II} = 7 \cdot 0{,}052\ V = 0{,}36\ V$

$u_{III} = 3 \cdot 0{,}052\ V = 0{,}16\ V$

$A_I = \frac{2 \cdot 10\ m \cdot 65\ A}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 0{,}68\ V} = 35\ mm^2$

$A_{II} = \frac{2 \cdot 8\ m \cdot 35\ A}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 0{,}36\ V} = 27{,}3\ mm^2$

$A_{III} = \frac{2 \cdot 7\ m \cdot 15\ A}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 0{,}16\ V} = 23\ mm^2$

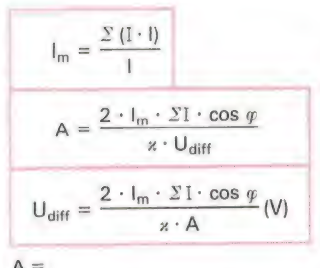
تختار القيم :

$A_I = 35\ mm^2$

$A_{II} = 35\ mm^2$

$A_{III} = 25\ mm^2$

الخطوط المتفرعة في شبكة التيار المتردد عند التحميل بجزء حتي



$$I_m = \frac{\Sigma (I \cdot l)}{I}$$

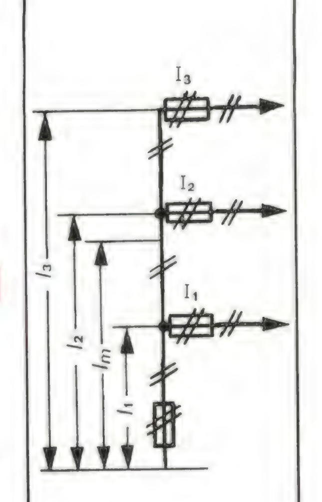
$$A = \frac{2 \cdot l_m \cdot \Sigma I \cdot \cos\varphi}{\varkappa \cdot U_{diff}}$$

$$U_{diff} = \frac{2 \cdot l_m \cdot \Sigma I \cdot \cos\varphi}{\varkappa \cdot A} \text{ (V)}$$

$$A = \frac{2 \cdot (I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + I_3 \cdot l_3 + \cdots) \cos\varphi}{\varkappa \cdot U_{diff}}$$

$$U_{diff} = \frac{2\,(I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + I_3 \cdot l_3 + \cdots) \cos\varphi}{\varkappa \cdot A}$$

تتبع في الحساب - بصفة أساسية - جميع الخطوات المتبعة في حالة التحميل اللاحثي ، فيما عدا أنه يجب تحديد فرق الجهد في كل حالة والتعويض بقيمته في الصيغة الرياضية . وتنتج في بعض الحسابات مساحات مقطع أكبر قليلا نتيجة للتعويض في الصيغة الرياضية بالمجموع الحسابي وليس بالمجموع الهندسي (بالمتجهات) للتيارات المارة فعلا . وبصفة عامة يكون الحساب بالمجموع الحسابي بطريقة تقريبية على درجة مقبولة من الصحة . ويستعاض عن معاملات القدرة للأسلاك المختلفة $\cos\varphi_1$, $\cos\varphi_2$ ... الخ . بمعامل قدرة متوسط هو : $\cos\varphi$.



مثال : أوجد مساحة مقطع السلك اللازم إذا كانت :

$I_1 = 20$ A, $I_2 = 15$ A, $I_3 = 10$ A, $l_1 = 10$ m

$l_2 = 18$ m, $l_3 = 25$ m , $\cos\varphi_1 = 0{,}82$

$\cos\varphi_2 = 0{,}79$, $\cos\varphi_3 = 0{,}77$ · $U_{diff} = 1{,}4$ V

الحل : $l_m = \dfrac{20\text{ A} \cdot 10\text{ m} + 15\text{ A} \cdot 18\text{ m} + 10\text{ A} \cdot 25\text{ m}}{20\text{ A} + 15\text{ A} + 10\text{ A}} = 16$ m

تختار قيمة متوسطة هي : $\cos\varphi = 0{,}80$

$A = \dfrac{2 \cdot 16\text{ m} \cdot (20\text{ A} + 15\text{ A} + 10\text{ A}) \cdot 0{,}8}{56 \dfrac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 1{,}4\text{ V}} = 14{,}5\text{ mm}^2$ (مساحة المقطع)

تختار القيمة 16 mm^2

خطوط التوصيل المتفرعة في شبكات التيار ثلاثي الأطوار باستخدام ثلاث أو أربع موصلات

عند توصيل مستهلكات للتيار ثلاثي الأطوار ، تحمّل خطوط التوصيل الرئيسية الثلاثة بصورة متساوية . فإذا ما وصلت مستهلكات لتيار أحادي الطور (كمصابيح متوهجة مثلا) ، فإنه يفترض لحساب توزيع متساوٍ للحمل على الموصلات الرئيسية . وهو ما يراد بلوغه عمليا أيضا .

أ) نظام الثلاثة خطوط للتوصل (التوصيلة المثلثية Δ) . بدون حمل حثي .

التيار المار في أحد الفروع :

$$I_1 = \frac{\text{القدرة الكلية للفرع}}{\text{جهد الموصل} \times 1{,}73}$$

ويساوى التيار المار في المسافة (I_I) مجموع التيارات المارة في موصلات هذه المسافة . ويتم حساب مساحة مقطع الموصل الأساسي طبقا للصيغة الرياضية لعزم التيار (المذكورة سابقا) مع مراعاة معامل الطور .

$$I_1 = \frac{P_1}{U_L \cdot 1{,}73}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_L \cdot 1{,}73} \quad \text{وهكذا}$$

$$I_I = I_1 + I_2 + \cdots$$

$$A = \frac{1{,}73\,(I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + \cdots)}{\varkappa \cdot u}$$

$$u = \frac{1{,}73\,(I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + \cdots)}{\varkappa \cdot A}$$

ب) نظام الأربعة موصلات : (التوصيلة النجمية Y) بدون جزء حثي .

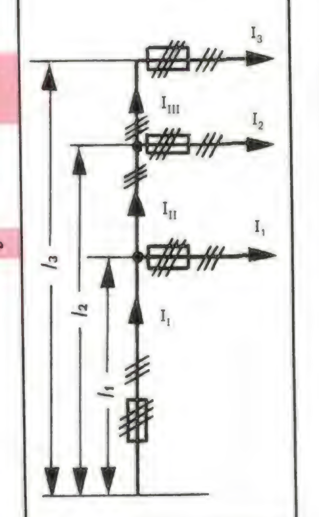
لا تقع مستهلكات التيار أحادي الطور (كالمصابيح المتوهجة مثلا) بصفة عامة تحت جهد الموصل الخارجي . إلا أنه يجب - بالرغم من ذلك - استخدام جهد الموصل في الصيغة الرياضية ، وذلك لايجاد قيم تيارات الفروع .

ج) نظام الثلاثة موصلات ونظام الأربعة موصلات عند التحميل بجزء حثي :

لحساب مساحة مقطع الموصل الرئيسي وكذلك فرق الجهد يعوض في الصيغ الرياضية السابقة بقيمة متوسطة لمعامل القدرة (أنظر أعلاه) .

$$A = \frac{1{,}73\,(I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + \cdots) \cos\varphi}{\varkappa \cdot U_{diff}}$$

$$U_{diff} = \frac{1{,}73\,(I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + \cdots) \cos\varphi}{\varkappa \cdot A}$$



مثال : $P_1 = 2{,}5$ kW, $P_2 = 3$ kW, $P_3 = 2$ kW

$U = 220$ V, $l_1 = 10$ m, $l_2 = 16$ m, $l_3 = 20$ m

$\cos\varphi = 0{,}80$, $U_{diff.} = 2{,}5$ V ($\cos\varphi$ المستعملة في حل المثال هي قيمة متوسطة)

$I_1 \approx 10$ A, $I_2 \approx 12$ A, $I_3 \approx 8$ A.

$A = \dfrac{1{,}73 \cdot 0{,}8}{56 \dfrac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 2{,}5\text{V}} \cdot (10\text{ A} \cdot 10\text{ m} + 12\text{ A} \cdot 16\text{ m} + 8\text{ A} \cdot 20\text{ m}) = 4{,}4\text{ mm}^2$

تختار القيمة 6 mm^2

أسلاك النحاس غير المعزولة للمكنات والأجهزة الـكهربائية

طبقا للمواصفات DIN 46 431

القطر بوحدة mm	0,03 ... 0,06	0,07 ... 0,1	0,11 ... 0,25	0,26 ... 0,4	0,42 ... 0,7	0,75 ... 1
التفاوت المسموح به بوحدة mm	±0,003	±0,004	±0,005	±0,007	±0,009	±0,012
القطر بوحدة mm	1,05 ... 1,4	1,45 ... 1,7	1,75 ... 2,2	2,3 ... 3	3,1 ... 4	4,2 ... 6
التفاوت المسموح به بوحدة mm	±0,016	±0,02	±0,025	±0,03	±0,04	±0,05 ... ±0,06

أسلاك النحاس المعزولة – سُمك العزل (D – d) بالمليمترات

طبقا للمواصفات DIN 46 435/36

قطر القلب بوحدة mm	ورنيش L
0,03 ... 0,05	0,012
0,05 ... 0,1	0,015
0,1 ... 0,2	0,02
0,2 ... 0,3	0,025
0,3 ... 0,4	0,03
0,4 ... 0,5	0,035
0,5 ... 0,7	0,04
0,7 ... 1,0	0,05
1,0 ... 2,0	0,06
2,0 ... 3,0	0,07

قطر القلب بوحدة mm	مضفر بحرير طبيعي S	SS
0,03 ... 0,2	0,035	0,07
0,2 ... 0,8	0,04	
0,8 ... 1,5	–	0,1

قطر القلب بوحدة mm	مضفر بصوف سليولوزي Z	ZZ
0,3 ... 1,5	0,13	0,22
1,5 ... 3	0,16	0,26
3 ... 4	–	0,3
4 ... 6	–	0,4

∅	مضفر بالقطن B	BB
0,1 ... 0,3	0,1	0,16
0,3 ... 1,5	0,12	0,22
1,5 ... 3	0,15	0,26
3 ... 4	–	0,3
4 ... 6	–	0,4

∅	مضفر بالورق P	PP
0,3 ... 1,5	0,12	0,22
1,5 ... 3	0,15	0,26
3 ... 4	0,20	0,30
4 ... 6	0,20	0,35

∅	مضفر بحرير فسكوز Kv	KvKv
0,1 ... 0,3	0,08	0,15
0,3 ... 0,8	0,1	0,18
0,8 ... 3,0	0,11	0,19

∅	مضفر بحرير خلات ثلاثي Kt	KtKt
0,05 ... 0,3	0,04	0,08
0,3 ... 0,8	0,05	0,09
0,8 ... 1,0	–	0,11

∅	مضفر بحرير نحاسيك نشادري Kc	KcKc
0,05 ... 0,3	0,05	0,09
0,3 ... 0,8	0,06	0,11
0,8 ... 1,5	0,07	0,12

أنواع التوريد :

سلك مطلي بالورنيش ، بدون تغطية بالنسيج أو تضفير ، بأقطار من 0,03 إلى 3 وملفوف على بكرات أو سلك مغطى بالنسيج أو مضفر بأقطار من 0,03 إلى 0,8 على بكرات ، وبأقطار أكبر من 0,8 إلى 6 على بكرات أو في حلقات . وتتراوح مقاومة الشد للأسلاك المعزولة من 270 N/mm² إلى 320 N/mm²

عدد اللفات لكل سنتيمتر من طول اللفيفة (ملف مفرد الطبقة)

قطر القلب* بوحدة mm	ورنيش	ورنيش + حرير	× 1 حرير	× 2 حرير	× 1 قطن	× 2 قطن
	كنسبة مئوية من عدد اللفات المفروض للموصلات العارية					
0,03	61	35	42,5	28	–	–
0,05	70	46	50,5	38,5	–	–
0,08	74	55	65	50	–	–
0,1	78	60	69	55	47	36
0,15	80	66	75	63	56	46
0,2	82	72	79	69	62,5	51,5
0,25	83,8	73,5	81,5	73,5	67	57,5
0,3	85	76	83	76	70	61
0,4	86	78	85,5	80	72	64
0,5	86,5	81	87	82,5	76	67
0,6	87	82	88	83	78	69,5
0,7	88	83	89	84	80,5	72
0,8	88,5	84	90	85,5	81,5	74
0,9	89	85	90	86,5	83	75,5
1	90	86	90	87	84	77

1 cm

مثال : العدد النظري للفات على كل 1 cm (= 10 mm) من طول اللف لموصل غير معزول قطره 0,05 هو :

$$200 \text{ (لفة)} = \frac{10\text{ mm}}{0{,}05\text{ mm}}$$

عدد اللفات الممكن عمليا :

$$\frac{200 \cdot 70}{100} = 140$$

لفة موصل نحاسي معزول بالورنيش

$$\frac{200 \cdot 46}{100} = 92$$

لفة موصل نحاسي معزول بالورنيش والحرير

$$\frac{200 \cdot 50{,}5}{100} = 101$$

لفة موصل نحاسي معزول بالحرير

* يجب تقدير القيم البينية

عدد اللفات لكل cm^2 من مساحة مقطع حيز اللف لأسلاك نحاس مطلية بالورنيش

قطر السلك بوحدة (mm)	عدد اللفات لكل 1 cm^2	قطر السلك بوحدة (mm)	عدد اللفات لكل 1 cm^2	قطر السلك بوحدة (mm)	عدد اللفات لكل 1 cm^2	قطر السلك بوحدة (mm)	عدد اللفات لكل 1 cm^2
0,05	20 000	0,22	1 400	0,50	300	1,10	67
0,06	15 000	0,24	1 200	0,55	250	1,20	55
0,07	11 000	0,26	1 000	0,60	210	1,30	45
0,08	9 000	0,28	870	0,65	180	1,40	40
0,09	7 000	0,30	770	0,70	160	1,50	33
0,1	6 000	0,32	690	0,75	140	1,60	28
0,12	4 400	0,34	640	0,80	120	1,70	24
0,14	3 200	0,36	550	0,85	110	1,75	20
0,16	2 500	0,38	500	0,90	100	1,80	17
0,18	2 000	0,40	450	0,95	90	1,90	14
0,20	1 650	0,45	360	1,00	83	2,00	12

خطوط التوصيل المعزولة للتيار الكهربائي العالي

طبقا لتعليمات VDE 0250

التمييز العام

١) التعريف القياسي : مثال ذلك NGA= موصل قياسي ذو فروع مغطاة بالمطاط .

٢) العلامة الأساسية : الخيط المميز للشركة الصانعة (موصل بسلك واحد مغطى بالبلاستيك مزود بعلامة الشركة الصانعة) .

٣) الخيط المميز لمنظمة VDE : أسود-أحمر

مثال للتعريف : NSGA 16 Ale 6 kV

= نوع قياسي خاص لخط توصيل ذو فروع مغطاة بالمطاط 16 mm^2 من الألومنيوم ، أحادي الفرع وجهده الإسمي 6 kV .

التمييز الخاص *)

٤) نوع الموصل : مثال : vers= أحبال سلكية
e= أحادي الفرع
m= متعدد الفروع

٥) شكل الموصل : مثال : fl= مسطح
rd= مبروم

٦) مساحة مقطع الموصل : مثال : 2,5= 2,5 mm^2

٧) مادة الموصل : مثال : Al= ألومنيوم
Cu= نحاس

٨) الجهد الإسمي : مثال : 6 kV= جهد اسمي قدره 6 kV

*) تضاف إلى الرمز المختصر عند اللزوم

الألوان المميزة للفروع

طبقا لتعليمات VDE 0293

عدد الفروع	الخطوط الثابتة: ذات موصل وقاية «J»	الخطوط الثابتة: بدون موصل وقاية «O»	الخط المتحرك للمستهلكين المتنقلين: ذات موصل وقاية «J»	الخط المتحرك للمستهلكين المتنقلين: بدون موصل وقاية «O»	متعدد الفروع
2	gn ye/bl	bl/lbu		bl/lbu	بعزل مطاطي : gn ye/lbu «J» أو : lbu/br «O» ، وفرع بني واحد من الفروع الباقية . أما جميع الفروع الباقية فيما عدا ذلك فلها نفس اللون ، على ألا تستخدم الألوان التالية : gn أو ye أو lbu أو br .
3	gn ye/bl/lbu	bl/lbu/br	gn ye/br/bu	bl/lbu/br	
4	gn ye/bl/lbu/br	bl/lbu/br/bl	gn ye/bl/lbu/br	bl/lbu/br/bl	
5	gn ye/bl/lbu/br/bl		gn ye/bl/lbu/br/bl	bl/lbu/br/bl/bl	
6...			بأرقام مطبوعة gn ye/bl	بأرقام مطبوعة bl	

موصل الحماية (PE) والموصل الصفري : gn ye ، والموصل المتعادل (N) : lbu

تفسير رموز الألوان : gn ye= أخضر وأصفر و bl= أسود و lbu= أزرق فاتح و br= بني

١ - خطوط التوصيل معزولة الفروع بالبلاستيك-أحادية الفرع

الرمز	التسمية	الجهد الإسمي	مادة التصنيع	مساحة المقطع بوحدة mm^2	عدد الأسلاك	الإستخدام وملاحظات
NYA	فرع قياسي مغطى بالبلاستيك	1000 V ([1]750 V)	Cu	1,5...16	أحادي السلك	تستخدم في الأماكن الجافة ، للتمديدات الثابتة داخل أنابيب أو تحت الملاط (التلبيس) (حول أجسام عازلة فوق الملاط بعيدا عن متناول اليد وكذلك في العراء والأماكن الرطبة أيضا) . لا يجوز التمديد داخل الملاط مباشرة .
			Al	2,5...25	السلك	
			Cu	10...500	متعدد	
			Al	16...500	الأسلاك	
NYAB	B= قابل للثني		Cu	1,5...500	متعدد الأسلاك	
NYAF	F= ذو أسلاك دقيقة		Cu	1,5...500	دقيق الأسلاك	

٢ - خطوط التوصيل معزولة الفروع بعزل خاص من البلاستيك - أحادية الفرع

الرمز	التسمية	الجهد الإسمي	مادة التصنيع	مساحة المقطع بوحدة mm^2	عدد الأسلاك	الإستخدام وملاحظات
NSYA	فرع قياسي خاص مغطى بالبلاستيك	1000 V ([1]750 V)	Cu	1,5...16	أحادي السلك	تمتاز بعزل أقوى وتصلح للتمديدات الثابتة على أجسام عازلة في العراء أو في الأماكن الرطبة بعيدا عن متناول اليد . وكتوصيلات مداخل المباني ، وللتمديد الثابت المعزول إلى مكنات الورش وفي داخلها .
				10...500	متعدد الأسلاك	
NSYAB			Cu	1,5...500	متعدد الأسلاك	
NSYAF			Cu	1,5...500	دقيق الأسلاك	

٣ - خطوط التوصيل معزولة الفروع بالمطاط - أحادية الفرع

الرمز	التسمية	الجهد الإسمي	مادة التصنيع	مساحة المقطع بوحدة mm^2	عدد الأسلاك	الإستخدام وملاحظات
NGA	فرع قياسي معزول بالمطاط	1000 V ([1]750 V)	Cu	1,5...16	مفرد	الاستخدام مثل : NYA, NYAB, NYAF ذو مرونة أكبر عند درجات الحرارة المنخفضة .
			Al	2,5...25	السلك	
			Cu	10...500	متعدد	
			Al	16...500	الأسلاك	
NGAB	B=قابل للثني		Cu	1,5...500	متعدد الأسلاك	
NGAF	F=ذو أسلاك دقيقة		Cu	1,5...500	ذو أسلاك دقيقة	
NGAU	U=مغلف		Cu	1,5...16	أحادي السلك	ذو وقاية ضد اللهب والإشعاعات الحرارية . تصلح للتمديد في الأماكن الساخنة
			Cu	10...500	متعدد الأسلاك	

[1]) جهد كهربائي مستمر

الرمز	التسمية	الجهد الإسمي	مادة التصنيع	مساحة المقطع (mm²)	عدد الفروع عدد الأسلاك	الاستخدام وملاحظات
٤ - كبلات معزولة الفروع عزلاً خاصاً بالمطاط - أحادية الفرع						
NSGA	فرع بعازل مطاط خاص	6، 3، 2 15، 10 kV	Cu مجلفن Al	1,5...16 2,5...25	أحادي السلك	يستخدم للتمديدات الثابتة في الأماكن الجافة، والتمديد على المركبات المتحركة على قضبان وعربات الترولي. ويمكن استخدامها لتمديدات الجهد العالي على أجزاء مؤرضة دون ترك المسافات الفاصلة المسموح بها. وهي توفر عزلاً كبيراً للغاية.
			Cu مجلفن Al	10...300 16...300	متعدد الأسلاك	
NSGAB NSGABM	B= قابل للثني M= غلاف مطاطي		Cu مجلفن	1,5...300	متعدد الأسلاك	
NSGAF NSGAFM			Cu مجلفن	1,5...300	ذو أسلاك دقيقة	
٥ - كبلات مقاومة للتقلبات الجوية - أحادية الفرع						
NGAW NFGAW	فرع قياسي بعازل من المطاط مقاوم للتقلبات الجوية	1000 V (750 V)	Cu Al	1,5...16 2,5...25	أحادي السلك	يصلح للتمديدات الثابتة في العراء وفي الأماكن الرطبة وعلى أجسام عازلة، وفي الأماكن التي تصل اليها الأيادي بسهولة. وللتوصيلات بمداخل المنازل. وتصلح الأنواع NYW و NGW و NGAW لمسافات تمديد حتى 20 m. وتصلح الأنواع NFYW و NFGW و NFGAW بحسب مقاطعها لتغطية مسافات أكبر طبقا لتعليمات VDE 0210. (تعليمات VDE لخطوط التوصيل الهوائية)
			Cu Al	10...500 16...500	متعدد الأسلاك	
NGW NFGW	بعزل كبير		Cu Al	1,5...6 2,5...10	أحادي السلك	
NYW NFYW	عزل بلاستيك		Cu Al	10...35 16...50	متعدد الأسلاك	
٦ - خطوط التوصيل الشريطية المزدوجة						
NYIF NYIFY	خط توصيل مزدوج معزول بالبلاستيك	380 V	Cu	1,5...4 بفرعين أو ثلاثة فروع	أحادي السلك	يمدّ في طبقة الملاط أو تحتها، وبدون تكسية من الملاط في الأماكن المجوفة بالأسقف والجدران الخرسانية وما يشابهها، وكذلك في غرف الحمام داخل الشقق. ولا يسمح باستخدامها في البيوت الخشبية والريفية.
NIFL(PR)	مطاط	380 V	Cu	2×1,5	ذو أسلاك دقيقة	ملائم لتوصيل دوي مصابيح الإضاءة في العراء (تحميل الشد للتوصيلة أصغر من أو يساوي 49 N).
٧ - أسلاك المواسير						
NYRAM NRAM	سلك مواسير قياسي M= غلاف فولاذ	380 V	Cu Al	1,5...10 2,5...16	أحادي السلك؛ 1,5...25 من ثنائي إلى رباعي الفروع	يستخدم للتمديدات الثابتة في الأماكن الجافة، سواء فوق الملاط أو داخله أو تحته. ولا يسمح باستخدامها في غرف الحمام.
NYRAMZ	Z= غلاف زنك		Cu Al	16...25 25	متعدد الأسلاك؛ 1,5...6 خماسي الفروع	
NYRAMZ NYRAMA NRAMA	A= غلاف ألومنيوم					
٨ - أسلاك المواسير المغلفة						
NYRUZY NRUZY	سلك مواسير قياسي مغلف	500 V	Cu	1,5...10	أحادي السلك؛ 1,5...25 من ثنائي إلى رباعي الفروع	يستعمل للتمديدات الثابتة في الأماكن الرطبة، سواء فوق الملاط أو داخله أو تحته. ويمكن تركيبها في العراء عدا في جوف الأرض. ولا يجوز استخدام الأسلاك ذات الغلاف المعدني في الحمامات.
NYRUY NRUY	Y= غلاف لدائني			16...25	متعدد الأسلاك؛ 1,5...6 خماسي الفروع	
NYRUZ NRUZ						
NYRUAY NRUAY					تستخدم الأنواع H (مثل NHYRUZY) في الأماكن ذات تجهيزات الترددات العالية	
٩ - الكبلات المغلفة						
NYM	موصل قياسي مغلف	500 V	Cu	1,5...6 e	أحادي السلك؛ أحادي الفرع	يصلح للتمديدات الثابتة في الأماكن الرطبة (H= للأماكن ذات تجهيزات الترددات العالية) سواء فوق الملاط أو عليه أو داخله أو تحته. يمكن تمديده في العراء ولكن ليس في جوف الأرض.
				1,5...10	أحادي السلك؛ من ثنائي إلى خماسي الفروع	
NHYM	H= محجب ضد تداخل الترددات العالية.			10...35	متعدد الأسلاك؛ من ثنائي إلى خماسي الفروع	
				1,5...6	أحادي السلك؛ أحادي الفرع	
				1,5	متعدد الأسلاك مفرد أو متعدد الأسلاك؛ من ثنائي إلى رباعي الفروع خماسي الفروع	

الرمز	التسمية	الجهد الأسمي	مادة التصنيع	مساحة المقطع	عدد الفروع	عدد الأسلاك	الاستخدام ملاحظات
١٠ - خطوط التوصيل المغلفة بالرصاص							
NYBUY NBUY NBU,NYBU	خط توصيل قياسي بغلاف من الرصاص	500 V	Cu	1,5...10 10...35	2...4	أحادي السلك متعدد الأسلاك	للتركيبات الثابتة في الأماكن الرطبة، سواء فوق الملاط أو عليه مباشرة أو تحته. مسموح استخدامه في العراء، عدا في جوف الأرض، لا يصلح لحمامات داخل المساكن
NBEU, NYBEU	E= بدرع شريط فولاذي			1,5...6	5	أحادي السلك	
NHYBUY NHBUY	H= للترددات العالية	H= أنواع صالحة للأماكن المحتوية على تجهيزات الترددات العالية. أنواع H بسلك أضافي لا يجوز استخدامها في موصلات التعادل أو التأريض.					
١١ - خطوط توصيل الأنابيب الضوئية							
NYL	خط توصيل قياسي للأنابيب الضوئية.	3,75 kV 7,5 kV	Cu	1,5	1	متعدد الأسلاك	للتركيبات الثابتة داخل المواسير المرنة وداخل مواسير الفولاذ المبطنة وفوق أو تحت الملاط وفي المركبات الآلية.
NLOY	O= مقاوم لغاز الأوزون	3,75 kV		1,5...4			
NLORZY NLORAY	Z= زنك A= غلاف ألومنيوم	3,75 kV		1,5...4			للتركيبات الثابتة فوق الملاط وفي العراء وفي الأماكن الرطبة.
NYLRZY NYLRAY NYLC	C= جديلة نحاسية محجبة ضد تداخل الترددات العالية.	3,75 kV 7,5 kV		1,5			في الأماكن المحتوية على تجهيزات الترددات العالية.
١٢ - فروع دوي المصابيح							
NFA	فرع قياسي لدوي المصابيح	380	Cu	0,75	1	ذو سلك مفرد أو ذو أسلاك دقيقة	للتركيبات الثابتة داخل تجهيزات المصابيح أو الموصلة إليها
NFA fl. NFA strd NYFA NYFAZ	fl.= مسطح strd.= مجدول z= نوع مزدوج				سلكان مسطحان أو مجدولان ثلاثة أسلاك مجدولة	ذو أسلاك دقيقة	لا يسمح باستخدامه لتوصيل الأجهزة المتنقلة
N2GSA	موصلات مغلفة بالمطاط				1 2...4	أحادي السلك أو ذو أسلاك دقيقة	
	2G= ذات مقاومة شديدة للحرارة			0,75...1,5	1...3	ذات أسلاك دقيقة	يصلح لدرجات حرارة حدية في الموصلات حتى 185°C. ويصلح أيضاً لتوصيل الأجهزة الكهربائية المتنقلة
١٣ - خطوط التوصيل المتدلية							
NPL	موصلات قياسية متدلية	380 V	Cu	0,75	2...3	ذات أسلاك دقيقة	لخطوط التوصيل المتدلية والمشدودة للتركيبات الثابتة داخل تجهيزات المصابيح أو الموصلة إليها.
١٤ - خطوط توصيل بالأجهزة المتنقلة							
NYZ,NLYZ NYD	خطوط توصيل مزدوجة خطوط توصيل ثلاثية	380 V	Cu	0,75	2 3	ذات أسلاك دقيقة جداً	للأجهزة اليدوية الخفيفة (آلة الحلاقة) وأجهزة الراديو، ولا تصلح لأجهزة الإشعاع الحراري
NSA fl.rd.	خطوط توصيل قياسية مغلفة rd.= مستديرة المقطع			0,75...1,5	1...3	ذات أسلاك دقيقة	في الأماكن الجافة وعند التعرض لإجهادات ميكانيكية صغيرة
NHU	خطوط توصيل مقاومة للحرارة	380 V	Cu	1...1,5	2...3	ذات أسلاك دقيقة	ذو جدائل من الأسبستوس وتستعمل للأجهزة الصغيرة والمصابيح اليدوية وعند الحاجة إلى الحماية ضد الإشعاع الحراري واللهب.
NLH NYLHY rd. fl.	خطوط توصيل مغلفة بالمطاط الاصطناعي خفيفة	380 V	Cu	0,75	2...4	ذات أسلاك دقيقة	يصلح للأجهزة الكهربائية الخفيفة (وللأجهزة الحرارية أيضاً) المعرضة لإجهادات ميكانيكية صغيرة فقط. يستخدم النوع Y في الأجهزة الحرارية بصورة محدودة.
NMH NYMHY	خطوط توصيل مغلفة بالمطاط الاصطناعي متوسطة	380 V 1000 V (750 V)	Cu	0,75...1,5 2,5...6	1...7	ذات أسلاك دقيقة	يستعمل في الأماكن الجافة والرطبة، ولمسطحات الطهي والتدفئة الكبيرة ولآلات الورش وكذلك للآلات الزراعية المعرضة لإجهادات متوسطة. النوع Y شديد التأثر بالحرارة فوق 85°C
NMHou	o= مقاوم للزيت u= غير قابلة للإشتعال	يستخدم نوع NMH ou للتركيبات في العراء، وبصورة محدودة في الأماكن المعرضة للإنفجارات.					
NMHVo	خطوط توصيل مغلفة بالمطاط خاصة	380 V	Cu	0,75 1,5	2...4 3...4	ذو أسلاك دقيقة ودقيقة جدا	يستخدم في الأماكن الرطبة وفي العراء، وللآلات الكهربائية الخفيفة المعرضة لإجهادات إنبعاج ولي عالية.

الرمز	التسمية	الجهد الإسمي	مادة التصنيع	مساحة المقطع (mm²)	عدد الفروع	عدد الأسلاك	الاستخدام ملاحظات
NSH NSHu NSHo NSHou NSHC NSHCu NSHCo	خطوط توصيل متينة بخراطيم عزل من المطاط	1000 V (750 V)	Cu	1,5...400 1,5...185 15...6	1 2...4 5 وأكثر	ذوأسلاك دقيقة	تستخدم في الأماكن الرطبة والجافة ، ولتركيبات الأجهزة الثقيلة المعرضة لإجهادات ميكانيكية عالية (محركات القطارات والأجهزة والآلات الزراعية ،وكذلك للأماكن المعرضة للإنفجارات) . لتجهيزات المراجل ومثيلاتها .
			تكون الأنواع c ذات جدائل حجب من نحاس مقصدر ، عند ضرورة الحجب ضد تداخل الترددات العالية .				

١٥ – خطوط توصيل متينة ذات خراطيم مطاطية لأعمال المناجم

لجهود إسمية حتى 1000 V من 1 إلى 24 فرع

الرمز		
NSSH	فرع واحد :	خطوط توصيل متينة مغلفة بالمطاط لأعمال المناجم .
NSSHC	من 1,5 mm² إلى 400 mm²	كالسابقة ، ولكن ذات موصل تحت الغلاف الخارجي .
NSSHCE	من 2 إلى 4 فروع :	كالسابقة ، ولكن ذات غلاف موصل فوق الفروع المفردة .
NSSHCEC	من 1,5 mm² إلى 185 mm²	كالسابقة ، ولكن ذات غلاف موصل إضافي تحت الغلاف الخارجي .
NSSHK	أكثر من 4 فروع :	كالسابقة ، ولكن ذات صليب مطاطي في القلب .
NSSHKSt	من 1,5 mm² إلى 6 mm²	كالسابقة ، ولكن ذات صليب مطاطي في القلب وفي موصلات التحكم .
NSSHKFm		كالسابقة ، ولكن ذات صليب مطاطي في القلب وخطوط الاتصالات الهاتفية .

١٦ – خطوط توصيل حمراء مقاومة للتقلبات الجوية ، أحادية الفرع

الرمز	التسمية		
PLWC	موصلات من النحاس	موصلات مكسوة بمادة حمراء مقاومة للتقلبات الجوية	من 1,5 mm² إلى 50 mm²
PLWB	موصلات من البرونز		أحادي الفرع أو متعدد الفروع
PLWA	موصلات من الألومنيوم	تستخدم للخطوط الهوائية في منشآت الاتصالات الهاتفية طبقا لمواصفات	
PLWAld	موصلات من الألدري	DIN 48 300 ومنشآت الضغط العالي طبقا لمواصفات DIN 48 301	

١٧ – خطوط توصيل ذات غلاف غير ملحوم مقاومة للتقلبات الجوية

الرمز	التسمية		
LWUC	موصلات من النحاس	LWU = موصلات مغلفة بغطاء مقاوم للتقلبات الجوية . للموصل غلاف غير ملحوم من خليط مطاطي على أساس من البولي كلوروبرين	من 1,5 mm² إلى 50 mm²
LWUB	موصلات من البرونز		أحادي الفرع أو متعدد الفروع
LWUA	موصلات من الألومنيوم		
LWUAld	موصلات من الألدري		

١٨ – خطوط توصيل الموصلات المحايدة

الرمز	التسمية			
NLC	غير ملائمة للتركيب (للتمديد) في باطن	أحادي السلك	Cu: 1 mm²... 16 mm²	(الجهد الإسمي : 0 V)
NLA	الأرض C = Cu, A = Al		Al: 2,5 mm²... 16 mm²	
NE	ملائمة للتركيبات (للتمديدات) الأرضية	متعدد الأسلاك	Al, Cu: 25 mm²...120 mm²	
NBE	E = خط توصيل أرضي	أحادي السلك	Al, Cu: 10 mm²... 25 mm²	
NAE	B = بغلاف رصاصي	متعدد الأسلاك	Al, Cu: 35 mm²...500 mm²	

الرمز	التسمية	الجهد الإسمي	مادة التصنيع	مساحة المقطع (mm²)	عدد الفروع	عدد الأسلاك	الاستخدام ملاحظات
١٩ – خطوط توصيل للحام							
NSLF NSLFF NSLFFou	خطوط توصيل قياسية للحام FF = بأسلاك دقيقة جدا	200 V	Cu	25...240	1	بأسلاك دقيقة ودقيقة جدا	خطوط توصيل إلى أجهزة اللحام FF = خطوط توصيل للحام اليدوي ، ذات قابلية كبيرة للحركة
٢٠ – خطوط توصيل لتشغيل المصاعد							
NFL NFLG NFLGou		380 V	Cu	1	2...	ذو أسلاك دقيقة	لتجهيزات المصاعد المنزلية والصناعية . نوع NFL للأماكن الداخلية ونوع NFLG للأماكن الرطبة وللتركيب في العراء .
٢١ – خطوط توصيل للمسارح ودور السينما							
NTK NTSK		380 V	Cu	2,5...50	متعدد الفروع	ذو أسلاك دقيقة	في الأماكن الجافة ،لتوصيل أضواء المسارح والمنصات . يستخدم نوع NTK لتوصيلات المصابيح الإصبعية .

الأقطار الداخلية والخارجية لمواسير التركيبات

المقاس الإسمي (mm)	المواسير العازلة DIN 49 000 – القطر الداخلي (mm)	المواسير العازلة DIN 49 000 – القطر الخارجي (mm)	مواسير الفولاذ (على الكبلات) (أنبوب برشل) – القطر الداخلي (mm)	مواسير الفولاذ (على الكبلات) (أنبوب برشل) – القطر الخارجي (mm)	مواسير إيلاج DIN 49020 – القطر الداخلي (mm)	مواسير إيلاج DIN 49020 – القطر الخارجي (mm)	مواسير بلاستيك ١) مرنة – القطر الداخلي (mm)	مواسير بلاستيك ١) مرنة – القطر الخارجي (mm)	ماسورة مقواة مرنة – القطر الداخلي (mm)	ماسورة مقواة مرنة – القطر الخارجي (mm)	مواسير إيلاج مقواة على شكل قضبان – القطر الداخلي (mm)	مواسير إيلاج مقواة على شكل قضبان – القطر الخارجي (mm)	مواسير فولاذ مقواة DIN 49020 – المقاس الإسمي الولب	اللولب DIN 40430 – القطر الداخلي (mm)	اللولب DIN 40430 – القطر الخارجي (mm)
7	7	11													
8			9	10											
9	9	13			13,2	15,2					13	15,2	Pg 9	13,2	15,2
11	11	15,8			16,4	18,6	11,3	15,8			16,4	18,6	Pg 11	16,4	18,6
13,5	13,5	18,5			18	20,4	14,3	18,7	14,4	20,4	18	20,4	Pg 13,5	18	20,4
14			14,4	15,5											
16	16	21,2			19,9	22,5	16,6	21,2	16	22,5	19,9	22,5	Pg 16	19,9	22,5
18			19,3	20,5											
21					25,5	28,3					25,5	28,3	Pg 21	25,5	28,3
23	23	28,5					23,3	28,5	21,5	28,3					
26			26,6	28											
29	29	34,5			34,2	37	29	34,5		37	34,2	37	Pg 29	34,2	37
36	36	42,5			44	47	36,7	42,5		47		47	Pg 36	44	47
37			38	40											
42					51	54							Pg 42	51	54
48	48	54,5			55,8	59,3	48,5	54,5				59,3	Pg 48	55,8	59,3

١) من كلوريد البوليفنيل PVC الصلد (أنبوب مرن يورّد على شكل حلقات)، غير قابل للاحتراق ولا يتأثر بالتاكل الكيميائي، معامل تمدده الطولي « أكبر 8 مرات منه للفولاذ، ولذا يستخدم لأنابيب الإيلاج المقواة على شكل أكواع مرنة.

ترتيب خطوط التوصيل بالنسبة للأقطار المتوسطة للمواسير العازلة (I) ومواسير الفولاذ المقواة (St)•

طبقا للمواصفات DIN 49048/49

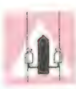
الأقطار المتوسطة للمواسير (mm) حسب عدد خطوط التوصيل

مساحة مقطع الموصل (mm²)	2 – I	2 – St	3 – I	3 – St	4 – I	4 – St	5 – I	5 – St	6 – I	6 – St
1,5 e)	11	13,2	11	13,2	13,5	13,2	13,5	13,2	16	16,4
2,5 e)	11	13,2	13,5	13,2	16	16,4	16	16,4	23	16,4
4 e)	13,5	13,2	16	13,2	16	16,4	23	18	23	19,9
6 e)	16	13,2	16	16,4	23	18	23	19,9	23	25,5
10 e)	23	18	23	19,9	23	25,5	29	25,5	29	34,2
10 m)	23	19,9	23	25,5	23	25,5	29	25,5	29	34,2
16 e)	23	25,5	23	25,5	29	25,5	29	34,2	36	34,2
16 m)	23	25,5	23	25,5	29	34,2	29	34,2	36	34,2
25 e)	29	25,5	29	34,2	36	34,2	36	44	48	44
25 m)	29	34,2	29	34,2	36	34,2	36	44	48	44
35 m)	29	34,2	36	34,2	36	34,2	48	44	48	44
50 m)	36	34,2	36	44	48	44	48	51	–	51
70 m)	48	44	48	44	48	51	–	51	–	55,8
95 m)	48	44	48	51	–	51	–	–	–	–
120 m)	48	51	–	51	–	55,8	–	–	–	–
150 m)	–	55,8	–	–	55,8	–				

•) يستعمل الجدول لأنواع NGA, NYA للتركيب فوق وتحت الملاط.

e) = خطوط توصيل بسلك واحد

m) = خطوط توصيل متعددة الأسلاك



الحد الأدنى لمساحات مقاطع خطوط التوصيل

نوع الموصل والاستخدام	مساحة المقطع A (mm²) Cu	مساحة المقطع A (mm²) Al
خطوط توصيل متحركة لأجهزة: – حتى 1 A بحد أقصى للطول 2 m	0,1	–
– حتى 2 A بحد أقصى للطول 2 m	0,5	–
– حتى 10 A لمقابس الاجهزة حتى 10 A	0,75	–
– أكبر من 10 A لمقابس الأجهزة والمقابس متعددة المداخل حتى 16 A.	1	–
فروع الدوي	0,75	–
سلاسل الإضاءة للأماكن الداخلية: بين المصابيح المفردة	0,5	–
بين سلسلة الإضاءة والقابس:	0,75	–
للتركيبات الثابتة ذات الوقاية	1,5	2,5
لخطوط التوصيل العارية الممدودة داخل المواسير	1,5	2,5
في منشآت لوحات التوصيل والتوزيع: حتى 2 A	0,5	
فوق 2 A وحتى 16 A	0,75	
فوق 16 A	1,0	
موصلات الوقاية وخطوط التأريض دون وقاية للتركيبات داخل وخارج الأبنية (أشرطة بسمك 2,5).	4	50 Fe

نوع الموصل والاستخدام	مساحة المقطع A (mm²) Cu	مساحة المقطع A (mm²) Al
كالسابقة، ولكن في باطن الأرض	50	100 Fe
خطوط توصيل معزولة ثابتة التركيب وخطوط عارية في الأبنية أو في العراء، إذا زاد البعد بين نقط التثبيت عن 1 m وبحد أقصى 20 m	4	16
الخطوط الهوائية لجهود أقل من 1000 V بمسافات فاصلة حتى 45 m	6	16
خطوط التوصيل الهوائية لجميع الحالات الأخرى. من سبيكة الفولاذ والألومنيوم Al/St بمساحة مقطع 16 mm²	10	25
لوصلة القنطرة عند عدادات المياه.	16	25 Fe
لوصلة القنطرة عند جلب الكبلات: لموصلات خارجية بمساحة مقطع حتى 6 mm²	4	
لموصلات خارجية بمساحة مقطع أكبر من 10 mm²	10	

قدرة تحميل الخطوط المعزولة، والتيار الإسمي للمصهر القابل للانصهار

المجموعة 1: خطوط توصيل بفرع واحد، ممددة في مواسير

المجموعة 2: خطوط توصيل متعددة الفروع، مثل أسلاك المواسير والموصلات المغلفة والموصلات المغلفة بالرصاص والموصلات الشريطية المزدوجة، والموصلات المتنقلة.

المجموعة 3: خطوط التوصيل الهوائية أحادية الفرع وخطوط التوصيل المتنقلة أحادية الفرع. للتوصيلات عند مواضع التوزيع.

المساحة الاسمية للمقطع A (mm²)	م1 التيار (A)* Cu	م1 التيار (A)* Al	م1 التيار الاسمي للمصهر (A) Cu	م1 التيار الاسمي للمصهر (A) Al	م2 التيار (A)* Cu	م2 التيار (A)* Al	م2 التيار الاسمي للمصهر (A) Cu	م2 التيار الاسمي للمصهر (A) Al	م3 التيار (A)* Cu	م3 التيار (A)* Al	م3 التيار الاسمي للمصهر (A) Cu	م3 التيار الاسمي للمصهر (A) Al
0,75	–	–	–	–	13	–	10	–	16	–	16	–
1	12	–	10	–	16	–	16	–	20	–	20	–
1,5	16	–	16	–	20	–	20	–	25	–	25	–
2,5	21	16	20	16	27	21	25	20	34	27	35	25
4	27	21	25	20	36	29	35	25	45	35	50	35
6	35	27	35	25	47	37	50	35	57	45	63	50
10	48	38	50	35	65	51	63	50	78	61	80	63
16	65	51	63	50	87	68	80	63	104	82	100	80
25	88	69	80	63	115	90	100	80	137	107	125	100
35	110	86	100	80	143	112	125	100	168	132	160	125
50	140	110	125	100	178	140	160	125	210	165	200	160
70	175	–	160	–	220	173	224	160	260	205	250	200
95	210	–	200	–	265	210	250	224	310	245	300	250
120	250	–	250	–	310	245	300	250	365	285	355	300
150	–	–	–	–	355	280	355	300	415	330	425	355

قدرة التحميل المسموح بها لخطوط التوصيل المعزولة عند درجات حرارة محيطة أعلى من 25°C وحتى 55°C.

درجة الحرارة المحيطة (°C)	المعامل الذي تضرب فيه قيم الجداول: بعزل مطاطي	المعامل الذي تضرب فيه قيم الجداول: بعزل بلاستيك
25 ... 30	0,92	0,94
30 ... 35	0,85	0,88
35 ... 40	0,75	0,82
40 ... 45	0,65	0,75
45 ... 50	0,53	0,67
50 ... 55	0,38	0,58

قدرة التحميل المسموح بها لخطوط التوصيل المقاومة للحرارة.

درجة حرارة المكان (°C) لخطوط توصيل ذات: درجة حرارة حدّية 100°C	درجة حرارة حدّية 180°C	المعامل الذي تضرب فيه قيم الجداول
55 ... 65	55 ... 145	1,0
65 ... 70	145 ... 150	0,92
70 ... 75	150 ... 155	0,85
75 ... 80	155 ... 160	0,75
80 ... 85	160 ... 165	0,65
85 ... 90	165 ... 170	0,53
90 ... 95	170 ... 175	0,38

*) القيمة القصوى لشدة التيار للتشغيل الدائم (CO). تستخدم قيم الجداول لدرجة حرارة محيطة مقدارها 25°C. وتكون قدرة التحميل المسموح بها للخطوط الهوائية للتيار المتردد مساوية تقريبا لقيم الجداول. يجب ضبط الفاصم (المعتق) الحراري على قيم التيار الأقصى للتشغيل الدائم.

فواصم الوقاية لخطوط التوصيل (مصاهر LP) ذات صهارة مقفلة لجهود 500 V و 750 V حتى 200 A

طبقا لتعليمات VDE 0635 a b c

شدة التيار الإسمي A	الألوان المميزة لمحددات القياس ومنبه الفصل	أزمنة فصل المصاهر بالثانية عند تيار قدره: 2,5 I_N سريعة على الأقل	2,5 I_N سريعة على الأكثر	2,5 I_N بطيئة على الأقل	2,5 I_N بطيئة على الأكثر	3 I_N سريعة على الأقل	3 I_N سريعة على الأكثر	3 I_N بطيئة على الأقل	3 I_N بطيئة على الأكثر	4 I_N سريعة على الأقل	4 I_N سريعة على الأكثر	4 I_N بطيئة على الأقل	4 I_N بطيئة على الأكثر	تيار الاختبار •) صغير A	تيار الاختبار •) كبير A
2	وردي	0,1	–	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	$1,5 \cdot I_N$	$2,1 \cdot I_N$
4	بني	0,2	–	5	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
6	أخضر	0,2	7	15	120	0,08	1,6	3	20	0,02	0,3	0,6	2,5		
10	أحمر	0,3	8,5	16	120	0,12	2,2	3,5	23	0,04	0,55	0,9	3,6		$1,9 I_N$
16	رمادي	0,35	9	17	120	0,14	2,5	4	25	0,05	0,55	1,1	4	$1,4 \cdot I_N$	$1,75 I_N$
20	أزرق	0,35	10	19	130	0,15	2,8	6	28	0,07	0,8	1,3	4,5		
25	أصفر	0,6	12	22	140	0,25	3,5	8	34	0,10	1,1	1,8	6,1		
35	أسود	1	16	25	150	0,40	5,6	8	34	0,13	1,4	2	6,1	$1,3 \cdot I_N$	$1,6 \cdot I_N$
50	أبيض	1,2	20	25	150	0,5	7	10	40	0,18	1,8	3	9		
63	نحاسي	1,5	24	25	150	0,6	8	10	40	0,2	2	3	9		
80	فضي	2,5	34	35	180	–	–	–	–	0,25	2,5	3,6	11		
100	أحمر	3	40	41	210	–	–	–	–	0,3	3	4	13		
125	أصفر	4	46	48	250	–	–	–	–	0,4	4	4,8	15		
160	نحاسي	5	55	57	300	–	–	–	–	0,5	4,5	5,5	18		
200	أزرق	6,5	65	67	360	–	–	–	–	0,55	5	6,3	19		

دواة مصهر من نوع D-LP (نظام ديازيد) للجهود 500 V و 750 V

لتجنب التركيب الخطأ لمصهر مكان آخر تستعمل قواعد تركيب بتجاويف ذات أقطار مختلفة لعنصر المصهر.

القواعد العامة للمصاهر: طبقا للمواصفات DIN 49320 حتى 23 ومن 25 إلى 27 تستعمل لأجل 200 A، 750 V و 63 A ، 500 V

قواعد لوحات التحويل والتوزيع: ذات لولب تثبيت مولج، طبقا للمواصفات DIN 49310 حتى 13 و 16 حتى 17 تستعمل لتيار حتى 200 A و 500 V .

قواعد التركيب طبقا للمواصفات DIN 49322 و 23 و 25 و 26 و 27 لوحة رقم 2، تستعمل لتيار حتى 200 A و 500 V، للتركيب في لوحات العدادات ومجموعات وصناديق التوزيع.

قاعدة مصهر لتيار شدته (A)	التيار الإسمي للمصهر (A)	لولب حامل المصهر	أكبر مساحة مقطع لموصلات التوصيل بوحدة (mm²) Cu	Al	وسيلة تجنب التركيب الخطأ
25	2 . . . 25	E 14	6	10	محددات قياس حلقية غير موصلة للتيار
	2 . . . 25	E 27			محددات قياس حلقية أو براغي إقران 3/16″
63	10 . . . 63	E 33	16	25	
100	35 . . . 100 (من 35 إلى 63 بصمولة بينية)	R 1¼″	35	50	جلب تحديد قياس غير موصلة للتيار
200	80 . . . 200 (80 و 100 بصمولة بينية)	R 2″	95	120	

قاعدة مصهر لتيار 63 A و 25 A ديازيد – سيمنز

رمز المصهر البطيء

لا يكون محدد القياس الحلقي ضروريا لقيمة التيار الكبرى في كل حالة (63 A و 25 A)

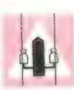
رموز خطط التوصيل: مصهر — توصيل للمباني

رموز خطط التوصيل لتجهيزات الاتصال الهاتفي: مصهر (بصفة عامة) — دقيق — غليظ

2A 4A 6A 10A 16A 20A 25A — 25 A — بدون حلقة

10A 16A 20A 25A 35A 50A 63A — 63 A — بدون حلقة

•) يشترط أن يتحمل عنصر المصهر تيار الاختبار لمدة لا تقل عن ساعة إذا كان التيار الإسمي لا يزيد عن 63 A، ولمدة ساعتين إذا كان التيار الإسمي يزيد عن ذلك. أما إذا كان تيار الاختبار كبيرا، لوجب انصهار المصهر خلال ساعة واحدة إذا بلغت شدة التيار حتى 63 A، وخلال ساعتين إذا زاد التيار عن 63 A .



تيارات الاختبار وأزمنة الفصل لفواصم وقاية خطوط التوصيل الأوتوماتية (نوع L ونوع H) حتى 25 A و 440 V

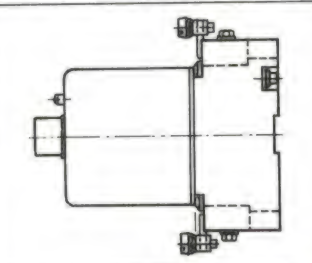
طبقاً لتعليمات VDE 0641

فواصم وقاية الخطوط : فواصم تلقائية صغيرة للتشغيل اليدوي ذاتية الفصل

الطراز	التيار الإسمي I_N :		حتى 10 A	أكثر من 10 A	زمن الفصل	طريقة الفصل	تطبق القيم التالية لحين تغييرها : I_N	تيار اختبار صغير
H و L	تيار اختبار صغير :		$1{,}5 \cdot I_N$	$1{,}4 \cdot I_N$	أكبر من ساعة واحدة	حراري		
	تيار اختبار كبير*) :		$1{,}9 \cdot I_N$	$1{,}75 \cdot I_N$	أقل من ساعة واحدة			
L متعدد الأقطاب	تيارات الاختبار عند درجات حرارة ابتدائية من 0° إلى 40° :		$2 \cdot I_N$		من 1 s إلى 5 min	حراري	6A**)	10A
H متعدد الأقطاب			$3{,}5 \cdot I_N$		من 0,2 s إلى 40 s		10A	14A
L≃			$5 \cdot I_N$	إختبار تيار مستمر	≦0,2 s	مغنطيسي	16A	20A
L			$8 \cdot I_N$				20A	25A
H			$3 \cdot I_N$	إختبار تيار مستمر	≦0,1 s	مغنطيسي	25A	30A
H≃			$4{,}5 \cdot I_N$					

*) 1,1 من تيار الاختبار الكبير للفواصم الأوتوماتية ثنائية القطب و 1,2 للفواصم ثلاثية ورباعية الأقطاب لوقاية خطوط التوصيل. **) نوع H ابتداء من 10 A

التيار الإسمي I_N بوحدة (A)	حتى 6	10 ... 16	أكبر من 16
أطراف التوصيل لمقاطع الموصلات بوحدة (mm²)	1 ... 6	1,5 ... 6	2,5 ... 10



فاصم أتوماتي من نوع L : لوقاية خطوط التوصيل من الحمل الزائد ودوائر القصر

فاصم أتوماتي من نوع H : لدوائر التيار المنزلية غالباً. النوع H أسرع من النوع L

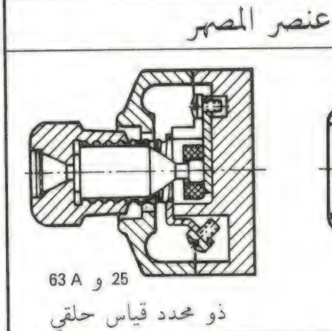
يتولى الفاصم الأتوماتي H أيضا مهمة الوقاية ضد خلل التلامس إذا ما كان :

أ) لشبكة التغذية موصل محايد (N) متصل بالأرض.

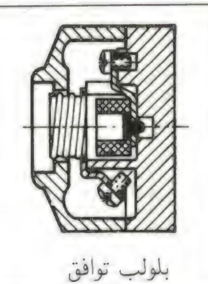
ب) مقاومة التأريض (R) للجهاز المتصل بالأرض أصغر من أو تساوي : $\frac{65\ V}{2{,}5\ I_N}$

فاصم وقاية ملولب لخطوط التوصيل (مصهر أوتوماتي) طراز E 27

عنصر المصهر

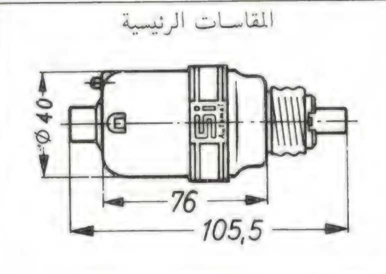


ذو محدد قياس حلقي



بلولب توافق

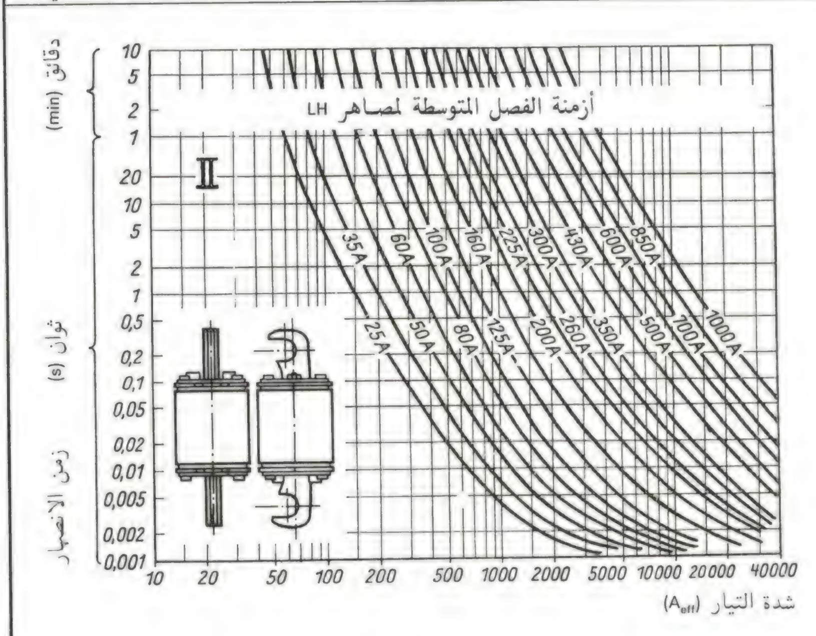
المقاسات الرئيسية

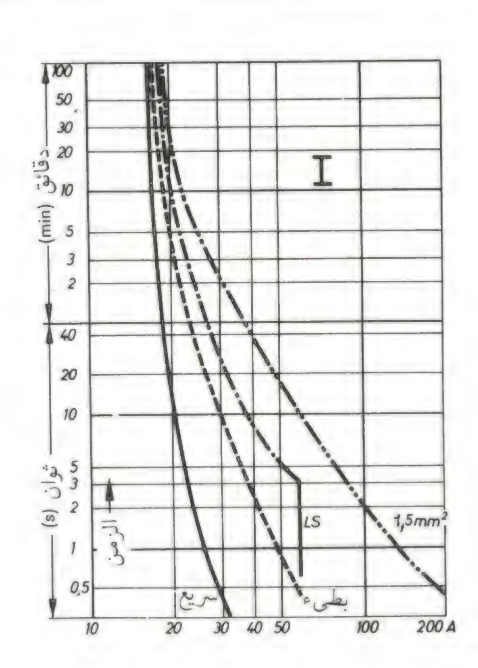


نوع L ونوع H A	التيار الأصغر A
6	6
10	10
16	16
20	20 (*
25	25 (*

*) بدون علامة VDE

تيار الاختبار وتيار الفصل وزمن الفصل : مثل الفواصم الأوتوماتية أنواع L و H





تيار مستمر		تيار متردد	
لتيارات :	الجهود :	لتيارات :	الجهود :
	110 V		125 V
من 25 A بتدرج	220 V	من 25 A بتدرج	220 V
حتى 1000 A	440 V	حتى 1000 A	380 V
	600 V		500 V

I: المنحنيات الخصائصية لمصهر 16 A، فاصم أوتوماتي لوقاية خطوط التوصيل بقدرة تحمّل 16 A طراز 1,5 NYA Cu

II: المنحنيات الخصائصية لمصاهر LH طبقا للمواصفات DIN 43620

تدرج التيار لتجهيزات الوقاية ضد التيار الزائد . مثال من جداول شروط التوصيل الفنية لإحدى شركات الإمداد بالـكهرباء

مصهر خط سريع (A)		16	20	25	35	50	63	80	100	125	160
عنصر الوقاية ضد التيار الزائد	مصهر سريع (A)	6	10	16	20	25	35	50	63	80	100
	مصهر بطيء (A)	–	–	6	10	16	20	25	35	50	63
	فاصم خط أوتوماتي (LP) لوقاية خطوط التوصيل (A)	–	–	10	10/16	20	25	–	–	–	–
مصهر خط بطيء (A)		16	20	25	35	50	63	80	100	125	
عنصر الوقاية ضد التيار الزائد	مصهر سريع وبطيء (A)	10	16	20	25	35	50	63	80	100	
	فاصم لوقاية خطوط التوصيل (LP) (A)	–	–	10	10/16	20	25	–	–	–	

مقدرة الفصل لتجهيزات الوقاية في حالة دائرة القصر :	عنصر المصهر :	سريع 1500 A بطيء 10 kA	فاصم LP و HLP لوقاية خطوط التوصيل	1000 A – 1500 A –	مصهر LH: 100 kA

الفصل وعمل فواصم الوقاية في حالة دائرة القصر

مصاهر	فواصم ذاتية لخطوط التوصيل	فواصم حماية	مصاهر للجهدين العالي والمنخفض (LH)
أحادية القطب محددة للتيار	أحادية القطب غير محددة للتيار دائما	متعددة الأقطاب محددة للتيار بدرجة محدودة للغاية	أحادية القطب محددة للتيار

التعليمات العامة لتركيبات الخطوط

١ – لا يجوز تمديد الخطوط معزولة الفروع بالمطاط أو البلاستيك إلا في المواسير أو في أجسـام عازلة مناسبة . ويكون البعد عن الجدار عند التركيب على أجسـام عازلة : في العراء (≥2 cm) ، وداخل المباني (≥1 cm)

٢ – تمد خطوط التوصيل العارية غير المؤرضة على أجسـام عازلة فقط ، مع ترك بعد كافٍ عن الأبنية والهياكل الحديدية كالآتي :

أقل بعد بالسنتيمتر (cm) عن الأبنية (الأجسـام) :	5	10	15	20
عند مسـافة بين نقاط التثبيت بالمتر (m) :	=2	>2	>4	>6

ويسمح باتخاذ مسـافات أصغر عند استخدام قضبان أو أسلاك نحاسية متينة ، وإذا قل البعد عن 1 m بين نقط التثبيت على لوحات التوزيع وكذلك لخطوط توصيل فواصم الخلايا الـكهربائية وخطوط التغذية والتوزيع والخطوط الصـاعدة المتوازية .

٣ – يجوز تمديد الخطوط المؤرضة قريباً من الجدران .

٤ – تكون الخطوط الممدودة تحت الأرض بشكل كبلات فقط .

٥ – يجب وقاية خطوط التركيبات الثابتة من الأضرار الميكانيكية .
(أي يستخدم غطاء خاص مثل ماسورة فولاذ أو ماسورة بلاستيك مثلا ، عندما تكون الخطوط في متناول اليد) . يعتبر الغلاف الخارجي لخطوط المقاومة للتقلبات الجوية مثل NYW (PR) كوقاية ميكانيكية كافية .

٦ – تعتبر خطوط التوصيل في العراء (غير الخطوط الهوائية) جزءا من تركيبات الجهاز المستهلك (أنظر إرشـادات الاستخدام للتجهيزات) ويجب تمديدها بعيداً عن متناول الأيدي (أنظر ص ١٢٠) باستثناء النوع NYM . وهنا تلزم فواصم متعددة الأقطاب . ويجب أن يثبت الفاصم جيداً في مكان ظاهر .

٧ – يجب وضع الـكبلات على عمق 0,6 m على الأقل . أما عند مدها تحت أسطح الطرق ، فيكون العمق 0,8 m على الأقل .

٨ – يجب وضع جميع خطوط التوصيل الخاصة بدائرة كهربائية معينة يمر فيها تيار أحادي الطور أو متعدد الأطوار داخل نفس المـاسورة (غلاف حديدي) ، إذا كان من المتوقع حدوث سخونة عند تمديدها منفردة .

٩ – يجب تمديد خطوط التوصيل التابعة لدوائر كهربائية مختلفة (عدا دائرة تيار التحكم) في مواسير منفصلة .

١٠ – تستخدم خطوط التوصيل متعددة الفروع في دائرة كهربائية واحدة فقط .

١١ – لا يجوز استخدام الأرض كموصل رجوع للتيار ، حيث يلزم له دائما خط توصيل مستقل كموصل رجوع .

١٢ – لا يسمح باستخدام مواسير الميتالين أو الأغلفة المعدنية للموصلات المعزولة كموصلات رجوع أو موصلات محايدة أو موصلات وقاية .

١٣ – توصل خطوط التوصيل ببعضها بالحام ، أو بالبراغي أو بأطراف توصيل طبقا لتعليمات VDE (مثال ذلك مشـابك كونكس) ، أو بوصلات محززة أو مبرشمة . ولا يجوز استخدام مشـابك التوصيل كوسيلة وصل لخطوط التوصيل الثابتة .

١٤ – توصل خطوط التوصيل بقضبان التوصيل والمكنات وغيرها من مستهلـكات التيار بالبراغي فقط .

١٥ – توصل الموصلات متعددة الأسلاك حتى $6\ mm^2$ ، والموصلات الثخينة حتى $16\ mm^2$ بواسطة عروات ، أما لما هو أكبر من ذلك فتستخدم أحذية كبلات . ويلحم كل سلك في العروة عند نهايته .

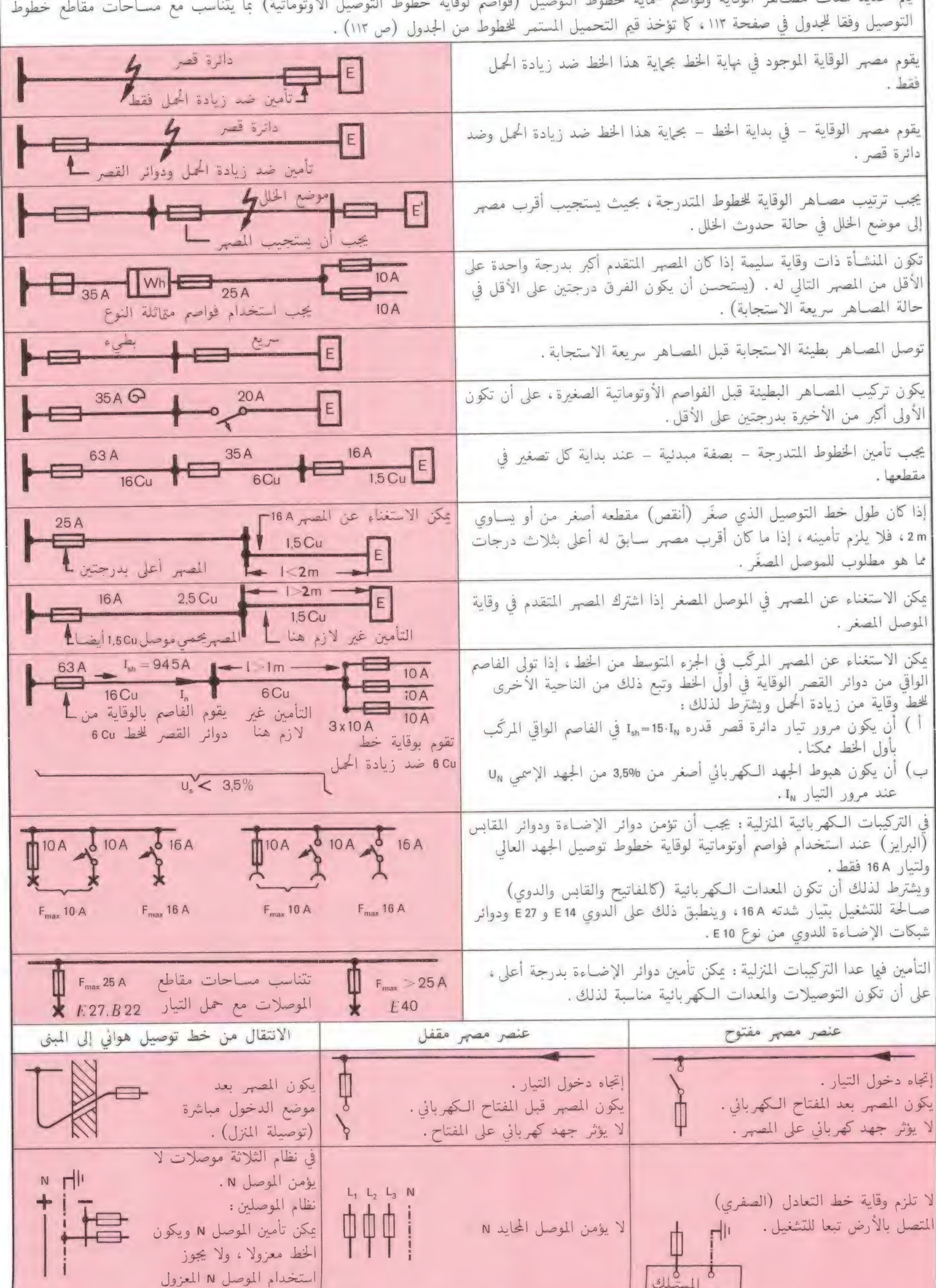
١٦ – عند مواضع وصل كبل بآخر ، يجب وصل المؤرض المعدني وأغلفة الوقاية في أماكن التوصيل بشكل جيد .

وقاية خطوط التوصيل وتأمينها

طبقاً للمواصفات VDE 0100

تتم وقاية خطوط التوصيل والـكبلات ضد السخونة الزائدة بفواصم أوتوماتية تعمل بتأثير التيار الـكهربائي أو درجة الحرارة. وتوفر هذه التجهيزات أيضا وقاية ضد زيادة الحمل والخلل نتيجة دوائر القصر.

يتم تحديد سعات مصاهر الوقاية وفواصم حماية خطوط التوصيل (فواصم لوقاية خطوط التوصيل الأوتوماتية) بما يتناسب مع مساحات مقاطع خطوط التوصيل وفقا للجدول في صفحة ١١٣، كما تؤخذ قيم التحميل المستمر لخطوط من الجدول (ص ١١٣).



يقوم مصهر الوقاية الموجود في نهاية الخط بحماية هذا الخط ضد زيادة الحمل فقط.

يقوم مصهر الوقاية - في بداية الخط - بحماية هذا الخط ضد زيادة الحمل وضد دائرة قصر.

يجب ترتيب مصاهر الوقاية لخطوط المتدرجة، بحيث يستجيب أقرب مصهر إلى موضع الخلل في حالة حدوث الخلل.

تكون المنشأة ذات وقاية سليمة إذا كان المصهر المتقدم أكبر بدرجة واحدة على الأقل من المصهر التالي له. (يستحسن أن يكون الفرق درجتين على الأقل في حالة المصاهر سريعة الاستجابة).

توصل المصاهر بطيئة الاستجابة قبل المصاهر سريعة الاستجابة.

يكون تركيب المصاهر البطيئة قبل الفواصم الأوتوماتية الصغيرة، على أن تكون الأولى أكبر من الأخيرة بدرجتين على الأقل.

يجب تأمين الخطوط المتدرجة - بصفة مبدئية - عند بداية كل تصغير في مقطعها.

إذا كان طول خط التوصيل الذي صغّر (أنقص) مقطعه أصغر من أو يساوي 2 m، فلا يلزم تأمينه، إذا ما كان أقرب مصهر سابق له أعلى بثلاث درجات مما هو مطلوب للموصل المصغّر.

يمكن الاستغناء عن المصهر في الموصل المصغر إذا اشترك المصهر المتقدم في وقاية الموصل المصغر.

يمكن الاستغناء عن المصهر المركّب في الجزء المتوسط من الخط، إذا تولى الفاصم الواقي من دوائر القصر الوقاية في أول الخط وتبع ذلك من الناحية الأخرى لخط وقاية من زيادة الحمل ويشترط لذلك:

أ) أن يكون مرور تيار دائرة قصر قدره $I_{sh}=15 \cdot I_N$ في الفاصم الواقي المركّب بأول الخط ممكنا.

ب) أن يكون هبوط الجهد الـكهربائي أصغر من 3,5% من الجهد الإسمي U_N عند مرور التيار I_N.

في التركيبات الـكهربائية المنزلية: يجب أن تؤمن دوائر الإضاءة ودوائر المقابس (البرايز) عند استخدام فواصم أوتوماتية لوقاية خطوط توصيل الجهد العالي ولتيار 16 A فقط.

ويشترط لذلك أن تكون المعدات الـكهربائية (كالمفاتيح والقابس والدوي) صالحة للتشغيل بتيار شدته 16 A، وينطبق ذلك على الدوي E 14 و E 27 ودوائر شبكات الإضاءة للدوي من نوع E 10.

التأمين فيما عدا التركيبات المنزلية: يمكن تأمين دوائر الإضاءة بدرجة أعلى، على أن تكون التوصيلات والمعدات الـكهربائية مناسبة لذلك.

عنصر مصهر مفتوح	عنصر مصهر مقفل	الانتقال من خط توصيل هوائي إلى المبنى
إتجاه دخول التيار. يكون المصهر بعد المفتاح الـكهربائي. لا يؤثر جهد كهربائي على المصهر.	إتجاه دخول التيار. يكون المصهر قبل المفتاح الـكهربائي. لا يؤثر جهد كهربائي على المفتاح.	يكون المصهر بعد موضع الدخول مباشرة (توصيلة المنزل).
لا تلزم وقاية خط التعادل (الصفري) المتصل بالأرض تبعا للتشغيل.	لا يؤمن الموصل المحايد N	في نظام الثلاثة موصلات لا يؤمن الموصل N. نظام الموصلين: يمكن تأمين الموصل N ويكون الخط معزولا، ولا يجوز استخدام الموصل N المعزول كموصل تعادل (موصل صفري).

التعليمات الفنية لشركات الـكهرباء

تصدر شركات الـكهرباء، الشروط الفنية التي يجب على القائمين بالتركيبات مراعاتها عند توصيل التركيبات الـكهربائية . وتقوم مؤسسة الـكهرباء المختصة بتقديم المشورة الفنية والتصديق على المنشآت الـكهربائية واختبارها واستلامها .

وفيما يلي مقتطفات من شروط التوصيل الفنية الصادرة من إحدى مؤسسات الـكهرباء :

جميع التجهيزات الناقلة لتيار كهربائي قبل عدادات الـكهرباء – مثل التوصيلات في المنازل ولوحات العدادات وصناديق العدادات – يجب أن تكون مزودة بختم رصاص . وتتم عملية الختم هذه بواسطة مفوضي شركات الـكهرباء . وتكون إزالتها أمرا محظورا ويكون **الحد الأدنى لمساحات مقاطع الموصلات** الرئيسية (الصاعدة) قبل العداد كالآتي :

للوحدات السكنية لأسرة واحدة وحتى وحدتين سكنيتين $4 \times 10\ mm^2$ Cu, NYM (وأيضا NYY) .

لكل 3 (أو 4) وحدات سكنية $4 \times 16\ mm^2$ Cu, NYM (وأيضا NYY) .

ويستخدم أنبوب فارغ قطره 29 لكل 6 وحدات سكنية على الأكثر .

تضم خطوط التوصيل الرئيسية 4 موصلات دائما . ويجب مد خط التأريض العمومي في حالة دوائر خلل التيار منفصلا ، إما في أنبوب أو بشكل فرع واحد من نوع NYM (NYY) .

ويطبق ذلك أيضا على موصل معادلة (موازنة) الجهد .

أما في حالة المنشآت متعددة الأسلاك فيجب توزيع الحمل على الأسلاك الخارجية بالتساوي بقدر الإمكان .

هبوط الجهد المقبول مع مراعاة الزيادة المستقبلة في عدد الأجهزة الموصلة :

0,5% في الخطوط الممتدة من توصيلة المنزل إلى العدادات .

1,5% في الخطوط الممتدة من العدادات إلى أجهزة الاستهلاك الـكهربائي .

3% في الخطوط الممتدة من العدادات إلى المحركات والأجهزة المزودة بدوائر كهربائية مستقلة .

لا توصل **أجهزة التدفئة المنزلية** التي تزيد قدرتها عن 2 kW إلا بتصريح من شركة الـكهرباء . ولا يجوز توصيل أجهزة التسخين الـكهربائي التي تزيد قدرتها عن 4,4 kW إلا بتيار ثلاثي الأطوار .

يجب تزويد **مسخنات مياه التدفق المستمر ذات التحكم الحراري** ، التي تزيد قدرتها عن 6 kW بمانع إعادة توصيل .

من الضروري **معادلة القدرة المفاعلة في الحالات التالية :**

أ) مصابيح الفلورسنت : يجب أن تقع قيمة $\cos\varphi$ بين 0,9 حثي و 0,9 سعوي (ولا تلزم المعادلة في حالة القدرات المفردة حتى 22 W ، وفي حالة القدرات المتجمعة حتى 14 W لكل مصباح ، وقدرة كلية مقدارها 130 W لكل موصل خارجي) .

ب) المحركات الـكهربائية بقدرة أكبر من 6 kW أو عدة محركات بقدرة إسمية كلية مقدارها 10 kW ، على ألا تقل قدرة المكثف عن 40% ولا تزيد عن 50% من القدرة الإسمية للمحرك .

حمل التوصيل ومعامل التزامن (التوصيل الأني)

تستعمل القيم التالية لحساب الهبوط في الجهد الـكهربائي نتيجة للاستهلاك الـكهربائي المنزلي الـكلي (باستثناء التدفئة الـكهربائية للغرف) لجهد كهربائي 220 V/380 V .

الحمل الـكهربائي الـكلي الموصل بحسب حجم المسخن الـكهربائي للماء :

من 20 kW إلى 30 kW تقريبا ، إذا وصل فعلا 80% من الحمل الـكلي في نفس الوقت ، أي حوالي من 16 kW إلى 24 kW تكون القيمة الحسابية من 24 A إلى 35 A .

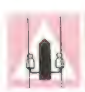
الحمل الـكهربائي لعدة مساكن بدون تدفئة كهربائية

عدد الشقق		2 ... 4	6	8	10	12	14	16
الحمل الفعلي	(A)	39,5	44	48,5	53	57,5	62,5	67
U = 380 V	(kW)	26	29	32	35	38	41	44

عدد الخطوط الصاعدة	1	2	3	4	5	6	7	8	9
معامل التزامن للموصل . (خط التوصيل الرئيسي للتوزيع بالمنزل)	1,0	0,80	0,70	0,63	0,59	0,57	0,56	0,55	0,54

أحمال التوصيل للأجهزة الـكهربائية المنزلية

الجهاز	الحمل الموصل W	الجهاز	الحمل الموصل W	الجهاز	الحمل الموصل W
مكنة تنظيف الأرضية	200 ... 700	موقد كهربائي بمسطحي (قرصي) تسخين	2000 ... 4000	سخان مياه 30 l	400 ... 450/
غلاية : 5 l	2000	موقد كهربائي بثلاثة مسطحات تسخين	5500 ... 8400		4000 ... 6000
15 l	2000 ... 4000	موقد كهربائي بأربعة مسطحات تسخين	9000 ... 9700	60 l, 80 l	800 ... 1000/
80 l, 60 l	3000 ... 6000	مشع الأشعة دون الحمراء	1000 ... 1500		400 ... 6000
فرن كهربائي	700 ... 1500	طاحونة بن	40 ... 125	120 l	1500/6000 ...
محمصة الخبز	400 ... 500	وعاء طهي كهربائي 1,5 l ، 1,1 l	600 ... 700		7500
مكواة كهربائية	450 ... 1000	2 l	1200 ... 2000	مسخن غاطس	600 ... 1000
جهاز تليفزيون	150 ... 450	ثلاجة كهربائية	100 ... 160	للأغراض الصناعية	2000
شواية كهربائية	1200 ... 2000	مروحة صغيرة	17 ... 25		
مجفف الشعر	300 ... 550	مروحة عادية	45 ... 100	غسالة كهربائية بدون تسخين	300
مكنة كي كهربائية	1500	مذياع	50 ... 100	بتسخين	2300 ... 6400
وسادة كهربائية	60	سخان مياه 5 l, 10 l	2000	عصارة بالطرد المركزي	100 ... 150
مدفأة	1000 ... 2000	15 l	3000 ... 4000	مكنسة كهربائية	200 ... 500



تعليمات اتحاد المهندسين الـكهربائيين الألمـان

تصنيف التجهيزات طبقا لتعليمات VDE 0100

منشـأة المستهلك

شبكة التوزيع

محطة التوليد — خط توصيل هوائي أو كبل — توصيلة المنزل — خط التوصيل الرئيسي — العداد (Wh) — خط توصيل هوائي — مفتاح وقاية — مصهر — فاصم لوقاية المحرك (M) — خط توزيع — أجهزة استهلاك التيار

شبكة التوزيع : إلى ما بعد مصهر توصيلة المنزل .
منشـأة المستهلك : من التوصيلة الرئيسية حتى أجهزة استهلاك التيار .

أنواع الغرف

طبقا لتعليمات VDE 0100

الأنواع	أمثلة	ملاحظات
أماكن المنشـآت الـكهربائية	غرف المفاتيح الـكهربائية وغرف التفتيش ووحدات التوزيع وأقسـام الاختبارات الـكهربائية وغرف المكنات في محطات توليد القوى .	الدخول مسموح عادة للمختصين فقط .
أماكن المنشـآت الـكهربائية المغلقة	وحدات التشغيل والتوزيع الـكهربائي المغلقة وحجرات المفاتيح والمحولات الـكهربائية ومحطات الأبراج الهوائية .	الدخول مسموح عادة للمختصين المدربين فقط .
الأماكن الجافة	غرف المعيشة والعمل والبيع والمكاتب وأرضيات الأسقف وآبار السلالم والأقبية (ذات تدفئة وتهوية) والمطابخ وغرف الحمام داخل الشقق وفي الفنادق .	الهواء غير مشبع بالرطوبة ، ولا يوجد ماء مكثف .
الأماكن الرطبة وما يماثلها	الحظائر والمعالف والمطابخ الـكبيرة والمخابز والمجازر والأقبية الرطبة وغرف التبريد وغرف المراجل .	معرضة للرطوبة وتكثف المـاء والتأثيرات الـكيميائية .
الغرف المندّاة أو المشبعة بالمـاء	المغاسل والسراديب وغرف الإغتسـال والحمامات ومعامل الألبان والمصـانع الـكيميائية ومصـانع الطلاء الـكهربائي .	تغسل الأرضيات والجدران مرارا .
الغرف السـاخنة	منشـآت الصهر ومنشـآت التكويك ومحطات الغاز وغرف المراجل ومصـانع الزجاج وأسطح أفران الصهر والتلدين والتجفيف .	درجة الحرارة أكبر من 35°C ، مع احتمال وجود رطوبة أو بلل .
أماكن التشغيل المعرضة لخطر الحريق	مخازن القش والتبن والجوت والـكتان وورش إنتاج وتشغيل الورق والخشب والنسيج والجراجات ومستودعات الوقود .	وجود مواد سهلة الاشعال بكميات كبيرة على مقربة من تجهيزات تشغيل كهربائية .
أماكن التشغيل المعرضة لخطر الانفجارات	أماكن العمل والتخزين التي تتحد فيها غازات وأبخرة وأتربة مع الهواء مكونة مخاليط قابلة للإنفجار .	تكون مخاليط بكميات كبيرة .

أنواع الموصلات

طبقا لتعليمات VDE 0100

L1 موصل خارجي
L2 موصل خارجي
L3 موصل خارجي
NL موصل نقطة النجمة (موصل صفري)*

Pos موصل خارجي +
N موصل محايد
Neg موصل خارجي −
PE موصل حماية

الألوان المميزة (طلاء خطوط التوصيل العارية)			
− للتيار المستمر		~ للتيار المتردد	
الموصل الموجب Pos : أحمر الموصل الـسالب Neg : أزرق		الموصلات الخارجية	L1 : أصفر L3 : بنفسجي
تيار ثلاثي الأطوار		تميز جميع خطوط التأريض للتيارات المستمرة والمترددة وثلاثية الأطوار وكذلك خطوط التعادل الموصلة بالأرض بلون أسود وخط أبيض	
الموصلات الخارجية : L1 أصفر L2 أخضر L3 بنفسجي			

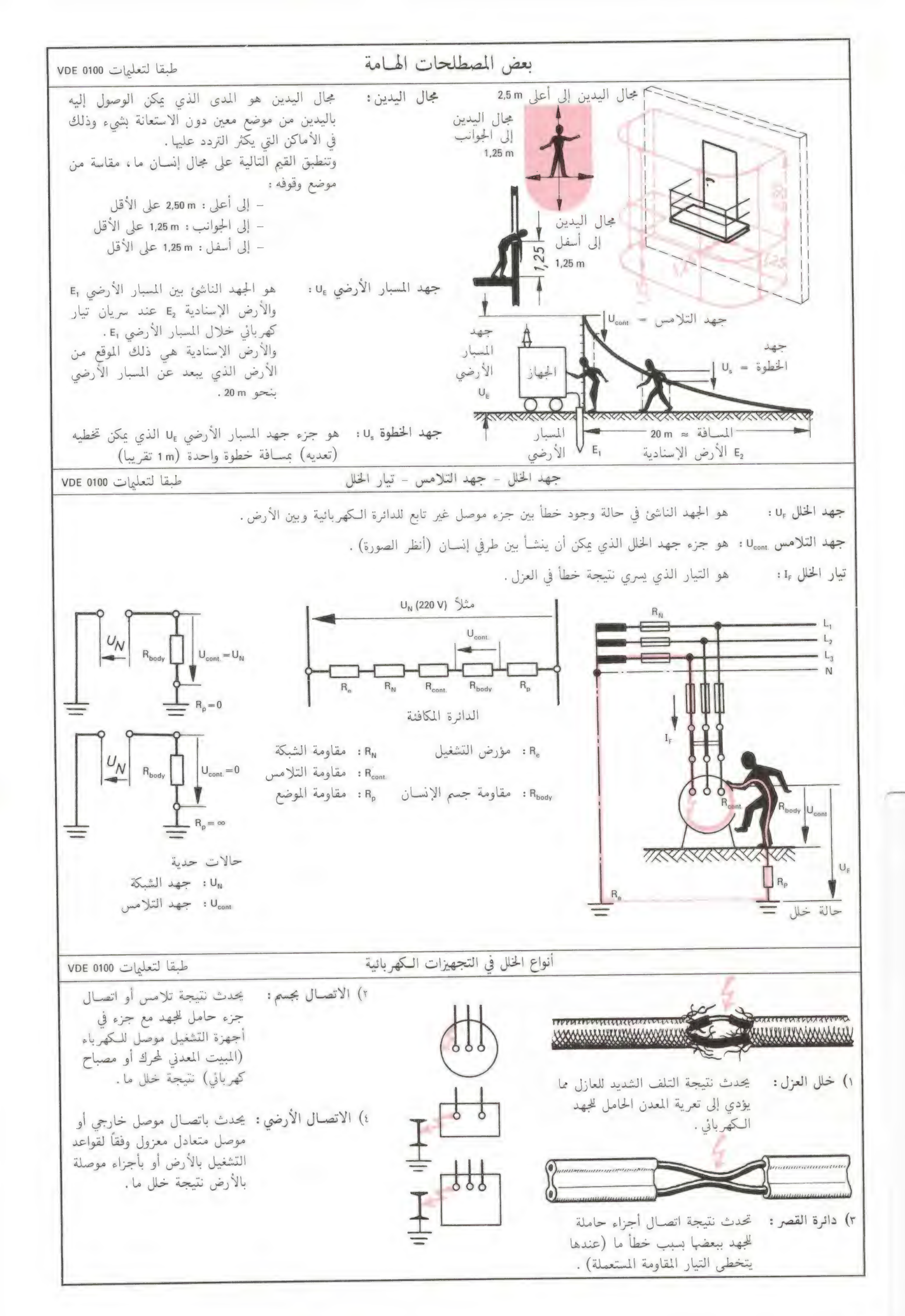
الألوان المميزة للموصلات في منشـآت استهلاك الـكهرباء
طبقا لتعليمات VDE 0100/12.65
موصل الحماية (PE) : أصفر أخضر
الموصل الصفري (NL) : أصفر أخضر
الموصل المحايد (N) : أزرق فاتح

طرق التمديد (التركيب)

طبقا لتعليمات VDE 0100

خط توصيل داخل ماسورة	خطوط توصيل مغلفة (h)	خطوط توصيل هوائية (فوق الأرض)	على الملاط مباشرة	فوق الملاط	في الملاط	تحت الملاط
سلك في مواسير فوق الملاط (d)	كبل (c)	خط توصيل متنقل				

*) يسمى الموصل المحايد بالموصل الصفري إذا تم تأريضه واستخدامه لجهد الصفر



بعض المصطلحات الهـامة

طبقا لتعليمات VDE 0100

مجال اليدين : مجال اليدين هو المدى الذي يمكن الوصول إليه باليدين من موضع معين دون الاستعانة بشيء وذلك في الأماكن التي يكثر التردد عليها .
وتنطبق القيم التالية على مجال إنسـان ما ، مقاسة من موضع وقوفه :

- إلى أعلى : 2,50 m على الأقل
- إلى الجوانب : 1,25 m على الأقل
- إلى أسفل : 1,25 m على الأقل

جهد المسبار الأرضي U_E : هو الجهد الناشئ بين المسبار الأرضي E_1 والأرض الإسنادية E_2 عند سريان تيار كهربائي خلال المسبار الأرضي E_1 .
والأرض الإسنادية هي ذلك الموقع من الأرض الذي يبعد عن المسبار الأرضي بنحو 20 m .

جهد الخطوة U_S : هو جزء جهد المسبار الأرضي U_E الذي يمكن تخطيه (تعديه) بمسافة خطوة واحدة (1 m تقريبا)

جهد الخلل - جهد التلامس - تيار الخلل

طبقا لتعليمات VDE 0100

جهد الخلل U_F : هو الجهد الناشئ في حالة وجود خطأ بين جزء موصل غير تابع للدائرة الـكهربائية وبين الأرض .

جهد التلامس $U_{cont.}$: هو جزء جهد الخلل الذي يمكن أن ينشأ بين طرفي إنسـان (أنظر الصورة) .

تيار الخلل I_F : هو التيار الذي يسري نتيجة خطأ في العزل .

R_e : مؤرض التشغيل — R_N : مقاومة الشبكة

$R_{cont.}$: مقاومة التلامس

R_{body} : مقاومة جسم الإنسـان — R_p : مقاومة الموضع

حالات حدية

U_N : جهد الشبكة

U_{cont} : جهد التلامس

أنواع الخلل في التجهيزات الـكهربائية

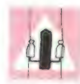
طبقا لتعليمات VDE 0100

١) **خلل العزل :** يحدث نتيجة التلف الشديد للعازل مما يؤدي إلى تعرية المعدن الحامل للجهد الـكهربائي .

٢) **الاتصـال بجسم :** يحدث نتيجة تلامس أو اتصـال جزء حامل للجهد مع جزء في أجهزة التشغيل موصل للـكهرباء (المبيت المعدني لمحرك أو مصباح كهربائي) نتيجة خلل ما .

٣) **دائرة القصر :** تحدث نتيجة اتصـال أجزاء حاملة للجهد ببعضها بسبب خطأ ما (عندها يتخطى التيار المقاومة المستعملة) .

٤) **الاتصـال الأرضي :** يحدث باتصـال موصل خارجي أو موصل متعادل معزول وفقاً لقواعد التشغيل بالأرض أو بأجزاء موصلة بالأرض نتيجة خلل ما .



تيار الفصل I_{Br} والمعامل k

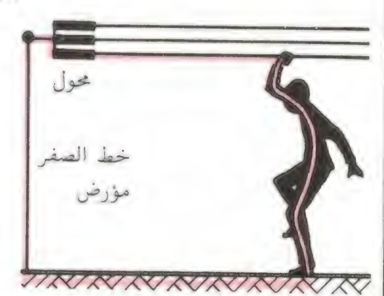
تيار الفصل I_{Br} : هو أقل تيار دائرة قصر يستجيب له عنصر المصهر الموصل بخط التوصيل في الحال .
المعامل k : عدد يستخدم لحساب تيار الفصل : $I_{Br}=k \cdot I_N$ (I_N= التيار الإسمي للمصهر)

المعامل k لمنشآت المستهلكات

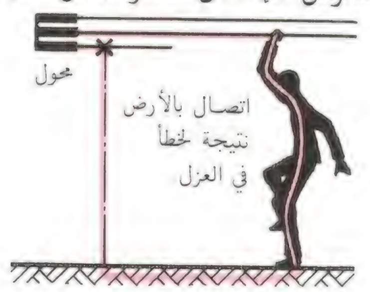
مصاهر قابلة للانصهار		k	فواصم لوقاية خطوط الجهد العالي	k	فواصم وقاية لخط التوصيل	k	فواصم وقاية *)	k
سريع بطيء		3,5	حتى 25 A	2,5	حتى 25 A	3,5	$I_{Br}=1,25$ × تيار الضبط لفصل الفاصم عند حدوث دائرة قصر .	1,25
	$I_N \le 50$ A	3,5	يجب تمييزه عن ⊟					
	$I_N \ge 63$ A	5	و LP					

شبكة التوزيع (الخطوط الهوائية والكبلات ووصلات المنازل) : k=2,5   *) بفصل سريع .

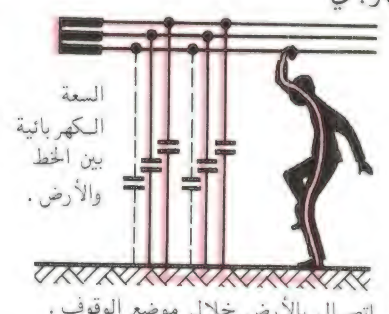
أمثلة لتعرض الإنسان للخطر بفعل التيار الكهربائي



اتصال بالأرض خلال موضع الوقوف . يسري تيار خلال الإنسان اللامس للشبكة المؤرضة (خط الصفر مؤرض) .



اتصال بالأرض خلال موضع الوقوف . يسري تيار خلال الإنسان اللامس نتيجة خطأ في عزل الشبكة غير المؤرضة .



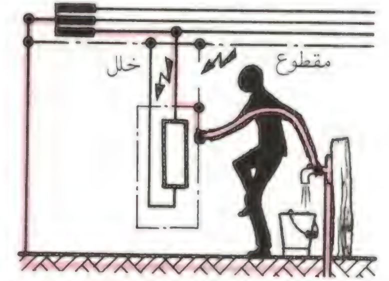
اتصال بالأرض خلال موضع الوقوف . يسري تيار خلال الإنسان اللامس نتيجة تيار الأرض السعوي في الشبكة غير المؤرضة .



يمر تيار خلال جسم الإنسان اللامس ، عند لمسه لسلكين موصلين في آن واحد .



يمر تيار خلال جسم الإنسان اللامس ، عند انقطاع الموصل المحايد N أو موصل الوقاية مع اتصال جسم الإنسان بالجهاز أو عند وجود أرضية موصلة .



يمر تيار خلال الإنسان اللامس ، عند انقطاع موصل الوقاية من جراء وصل الجسم مع جسم الجهاز المكهرب أو عند لمس الإنسان الواقف فوق أرضية عازلة لأجزاء معدنية متصلة بالأرض .

التعليمات العامة لمنع الحوادث الناتجة عن التيار الكهربائي (تعليمات السلامة) طبقا لتعليمات VDE 0100/1265 ، بنود N 4 و N 5 و N 6

١ - عزل أجزاء منشآت التشغيل : ينبغي عزل جميع الأجزاء الواقعة تحت جهد كهربائي . وعندما لا يمكن تحقيق ذلك (كما هو الحال في أكشاك المفاتيح الكهربائية أو المنشآت الكهروكيميائية وما يماثلها) ، تتم وقاية أجزاء المنشآت بوسائل خاصة (كإحكام إغلاقها أو استخدام ترتيبات وقاية فاصلة وما شابه ذلك) .

٢ - ينبغي - إلى جانب عزل منشآت التشغيل - اتخاذ إجراءات إضافية للوقاية ضد جهد التلامس العالي .

٣ - تعتبر جهود التلامس عالية عندما تزيد عن 65 V بالنسبة للأرض (القيمة المؤثرة للتيار المتردد) . (بخصوص التعليمات المشددة أنظر الجهد المنخفض على الصفحة التالية) .

٤ - يجب في جميع الحالات اتخاذ إجراءات وقاية ضد جهود التلامس العالية في المنشآت ذات جهود إسمية أعلى من 250 V بالنسبة للأرض ، باستثناء ما هو وارد في بند (٥ - ثالثا) .

٥ - لا تكون إجراءات الوقاية ضرورية للمنشآت ووسائل التشغيل التي تعمل على الآتي :

أولاً : جهود حتى 65 V بالنسبة للأرض ، للاستثناءات أنظر «الجهد المنخفض» على الصفحة التالية .

ثانياً : جهود حتى 250 V بالنسبة للأرض في الحالات الآتية :

أ) التركيبات المنزلية في الغرف ذات الأرضية العازلة . وفيها لا يجوز حدوث أي تلامس بالصدفة مع تركيبات الماء أو الغاز أو التدفئة التي تكون متصلة بالأرض .

ب) لصناديق التوزيع المنزلية والعدادات الكهربائية والمفاتيح الكهربائية الزمنية والمرحلات الموجودة إلى جانب العدادات (إلا أنه يلزم اتخاذ إجراءات وقائية للوحات وصناديق العدادات وتجهيزات توزيع الكابلات) .

ثالثاً : الجهد المتردد حتى 1000 V والجهد المستمر حتى 1500 V لمواسير خطوط التوصيل والأغلفة المعدنية ودروع حماية الكبلات ، والمقابس (البرايز) المركبة تحت الملاط . وبالإضافة إلى ذلك الأعمدة حاملة خطوط التوصيل الكهربائية من الفولاذ أو من الخرسانة المسلحة وأعمدة الأسقف في شبكات التوزيع .

٦ - في التجهيزات ذات جهود حتى 42 V يمكن الاستغناء عن وقاية الأجزاء الواقعة تحت جهد كهربائي ضد التلامس بالصدفة ، حتى في متناول اليد . ويشترط أن يكون الجهد مولداً طبقاً لتعليمات الوقاية ، ولا يوجد أي خطر .

إجراءات الوقاية ضد جهد التلامس العالي

بدون موصل وقاية : وتشمل على عزل وقائي أو جهد منخفض أو فصل وقائي .
بموصل وقاية : وتشمل على تأريض وقاية وتوصيل تعادل (موصل صفري) بجهد صفر ومجموعة موصلات وقاية ضد جهد الخلل (FU) ودائرة وقاية ضد تيار الخلل (FI)

العزل الوقائي

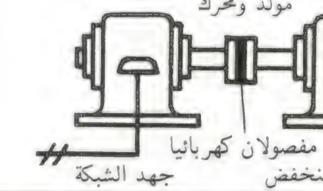
في حالة العزل الوقائي يلزم وجود عزل إضافي إلى جانب العزل التشغيلي بحيث لا يقع أي جسم موصل - معرض للمس من جهاز تشغيل كهربائي وغير تابع لدائرة التشغيل - تحت تأثير جهد كهربائي أو يكون معزولا من الخارج لتأمين العزل عند تلف العزل التشغيلي .

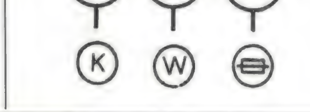


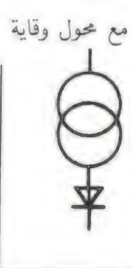
التعليمات : لا يجوز أن يكون لأي جهاز معزول عزلا وقائيا طرف توصيل خاص بموصل وقاية . يكون الخط دائم الاتصال بدون موصل وقاية إلا أنه يزود بقوابس (برايز) ذوات ملامسات وقاية .
ويستخدم قابس (فيشة) بدون ملامس وقاية مؤرض إذا كونت المقابس - المعزولة بالمطاط أو البلاستيك الحراري - مع الخط والجهاز المعزول وقائيا وحدة متكاملة ، على أن يكون القابس ملائما لإيلاجه في مقبس ذي ملامس وقاية .
لا تعتبر طبقة اللك أو المينا والطبقات الأكسيدية والتغليفات الليفية عزلا وقائيا ، حتى ولو كانت مشرّبة (باستثناء خطوط التوصيل في الأماكن الرطبة) .
ومن أمثلة أجهزة التشغيل المعزولة وقائيا :
الأجهزة الكهربائية المنزلية المغلفة بالبلاستيك والعدد الكهربائية والطارات المدارة يدويا وموصلات الأماكن الرطبة (مثل NBU) .

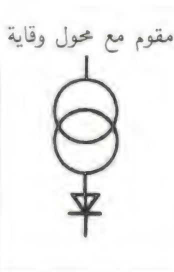
الجهد المنخفض

الجهود الكهربائية حتى 42 V، وفي بعض الأحيان حتى 24 V أو 12 V .
تعليمات لأجهزة توليد الجهود الصغيرة .

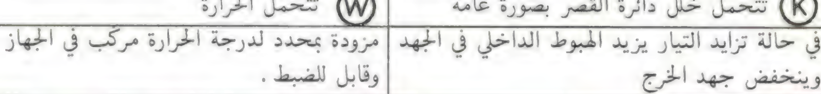








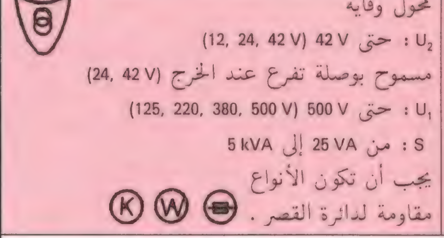
محولات الوقاية : وفيها تكون جميع دوائر الجهود الصغيرة معزولة عن باقي الدوائر الكهربائية .
المحولات الثابتة : ولها طرفان أو عدة أطراف للتوصيل الثابت من الجانب الابتدائي ووصلة متفرعة من الجانب الثانوي (24 V أو 42 V مثلا) ، بدون مفتاح تحويل .
المحولات المتنقلة : تضم توصيلة مثبتة في الجانب الابتدائي (نوع NMH على الأقل) وعدة مقابس مثبتة في الجانب الثانوي . ويكون نوع الوقاية P 20 على الأقل .
يجب أن تتحمل محولات الوقاية دوائر القصر ، وتحمل علامة تدل على ذلك .



(K) تتحمل خلل دائرة القصر بصورة عامة	(W) تتحمل الحرارة	تتحمل خلل دائرة القصر بصورة محدودة
في حالة تزايد التيار يزيد الهبوط الداخلي في الجهد وينخفض جهد الخرج	مزودة بمحدد لدرجة الحرارة مركب في الجهاز وقابل للضبط .	مزودة بمصهر داخلي أو قاصم ذاتي يعمل عند زيادة التيار .

أنواع محولات الجهد المنخفض

محول الجرس الكهربائي	محول لعب الأطفال	محول وقاية
U_2 : حتى 12 V . تفرعات الخرج : 3, 5, 8 V I_2 : 0,5; 1; 1,5; 2 A U_1 : حتى 250 V (220 V) بدون وصلة تفرع عند الخرج . مسموح به للنوع (K) فقط .	U_2 : حتى 24 V S : حتى 200 VA U_1 : حتى 250 V (220 V,125 V) بدون وصلة تفرع عند الخرج - يجب أن تكون الأنواع (K) أو (W) معزولة وقائيا ◻ بقدر الإمكان ولا تجوز إمكانية فتحها بعدد أو آلات حادة .	U_2 : حتى 42 V (12, 24, 42 V) مسموح بوصلة تفرع عند الخرج (24, 42 V) U_1 : حتى 500 V (125, 220, 380, 500 V) S : من 25 VA إلى 5 kVA يجب أن تكون الأنواع مقاومة لدائرة القصر . (K) (W)



≤ 42 V : مصابيح يدوية مثبتة في أماكن ضيقة جيدة التوصيل (مثل المراجل) ، ومصابيح أفران الخبز .
≤ 42 V : معزولة (إختياريا) أو وقائيا ◻ : العدد الكهربائية للتيار المتردد وتلك المستخدمة داخل المراجل وما شابه ذلك وأجهزة التسخين الخاصة بمعالجة البشرة أو الشعر .
≤ 42 V : أو محول فصل : في مواقع البناء ومكنات التجليخ اليدوي المبلل ، والمدكات وخلاطات الخرسانة ومثيلاتها .
≤ 42 V : أو محول فصل أو ◻ : مصابيح مثبتة بصفة مؤقتة في المراجل ومثيلاتها (لأعمال التنظيف مثلا) .
≤ 24 V : لعب الأطفال المدارة بمحركات كهربائية (كأفران الطهي للأطفال ، والمكواة الكهربائية حتى 250 V/6 A)
في معامل الألبان : مصابيح كهربائية يدوية وأجهزة المراقبة لتجهيزات تسخين الحليب وما يماثلها . كما يوصى باستخدامها في أجهزة الحلب أو تنظيف الماشية .
≤ 24 V : أو عزل وقائي وسيط : في أجهزة معالجة البشرة والشعر المدارة بمحركات كهربائية .

تستخدم قوابس خاصة لأجهزة الجهد المنخفض غير المؤرضة (يجب ألا تكون القوابس قابلة للإيلاج في مقابس لجهد 220 V) .
جهد التوالي لمواد التركيبات والموصلات هو 250 V للمواد التي تعمل على 220 V (باستثناء لعب الأطفال وأجهزة الاتصالات أو الهاتف) .

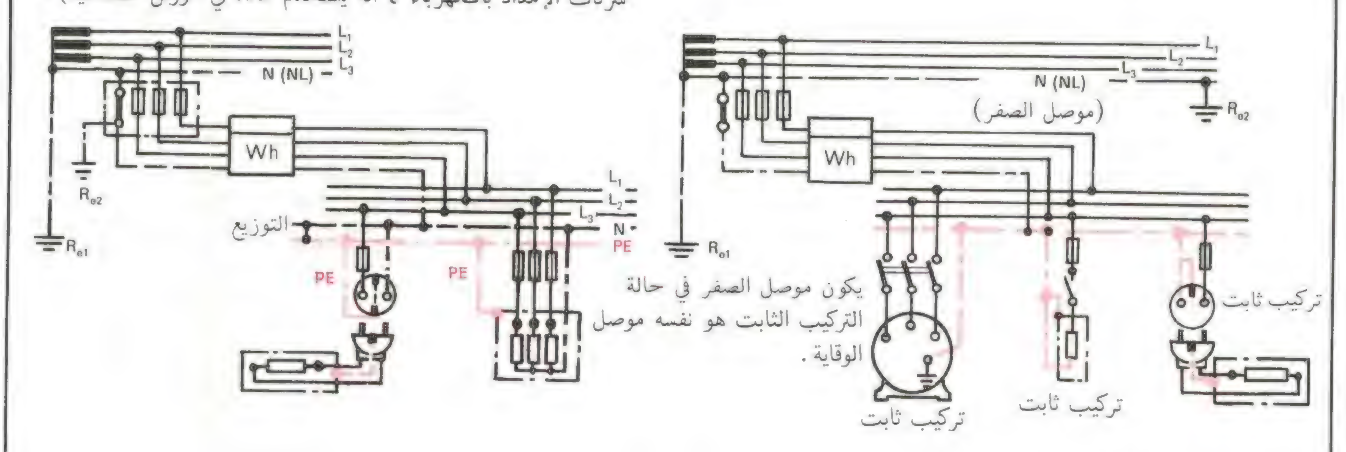
التعادل (التوصيل الصفري) (Neutralization)

التعادل (التوصيل الصفري) هو توصيل كهربائي بين أجزاء معدنية غير تابعة لدائرة التيار (مثل جسم محرك كهربائي) وبين الموصل المحايد أو موصل نقطة التفرع النجمي الموصلة بالأرض وفقا لشروط التشغيل ويسمى الموصل لذلك بموصل التعادل (الموصل الصفري) .

الغرض من توصيل التعادل : هو منع وجود جهد تلامس عال يصل إلى درجة الخطورة .

١ – توصيل الجزء المراد وقايته بموصل الصفر مباشرة .

٢ – توصيل الجزء المراد وقايته بموصلات وقاية متصلة بدورها بموصل الصفر عبر موصلات وقاية عمومية عند نقطة التوزيع (وتشترط ذلك بعض شركات الإمداد بالكهرباء كما أنه يستخدم عادة في الورش الصناعية) .



الشروط والتعليمات العامة :

١ – عند حدوث دائرة قصر بالكامل في أي موضع من المنشأة أو الشبكة الكهربائية بين موصل خارجي والموصل الصفري ، يجب أن يمر التيار I_{Br} على الأقل في أول جهاز للوقاية موجود قبل هذا الموضع مباشرة . $=I_{Br}$ حاصل ضرب المعامل (k) في التيار الإسمي (I_N) لجهاز الوقاية $(I_{Br}=k\cdot I_N)$. وإذا لم يتيسر تحقيق هذا الشرط في تركيبات المستهلك ، يكون بالإمكان إجراء التوصيل المتعادل إذا كان خط الصفر مراقباً بواسطة فاصم وقاية (فاصم FU مثلا) .

٢ – يجب أن تكون مساحة مقطع الموصل الصفري حتى $16\ mm^2$ مساوية لمساحة مقطع الموصل الخارجي ، وإذا زادت عن ذلك تؤخذ قيم مساحة المقطع للموصل الصفري (mm^2) من الجدول التالي :

مساحة مقطع الموصل الخارجي A (mm^2)	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400
الموصل الصفري في أنبوب ، خط متعدد الفروع ، كبل	16	16	25	35	50	70	70	95	120	150	185
الموصل الصفري في الخطوط الهوائية ، أو في الخطوط المكشوفة وفي داخل المباني	25	35	50	50	50	70	70	95	120	150	185

٣ – يجب تمديد الموصل الصفري بكامل طوله بنفس عناية تمديد الموصل الخارجي . ويكون الموصل الصفري معزولا كما يوضع في حالة التمديد في المواسير داخل غلاف مشترك مع الموصلات الخارجية . ويميز الموصل الصفري بلون أصفر أخضر .

٤ – لا يجوز تأمين الموصل الصفري بمصهر مثلا ولا يجوز أن يكون قابلا للفصل عن الدائرة .

٥ – تنجز وصلات الموصل الصفري بعناية فائقة بواسطة لحام الرخو أو لحام الإنصهار أو بواسطة ربطها بوصلة ملولبة مؤمّنة .

٦ – يحظر التوصيل الوقائي مع الأرض بطريقة مباشرة أي دون التوصيل بالموصل الصفري في الشبكات ذات التوصيل الصفري . ويجرى عمل وصلة الأرض مع شبكة أنابيب المياه إذا كان الموصل الصفري متصلا بنفس شبكة الأنابيب (أنظر الشكل) .

مثلاً : NYM

بغلاف واقي

٧ – يجب أن تكون الأجزاء الموصلة كهربائيا – في الأجهزة ذات الاتصال بالماء (مثل المضخات أو سخانات الماء) – متصلة بالموصل الصفري (في حالة عدم حدوث ذلك تكون وقايتها بواسطة فاصم الوقاية FU أو FI)

٨ – توصل الأجزاء الموصلة للكهرباء ببعضها البعض بأنبوب المياه في الأماكن الأكثر تعرضا للخطر .

التأريض في الشبكات ذات توصيل التعادل (الموصل الصفري) كإجراء وقائي :

٩ – يتم توصيل الموصل الصفري بالأرض في المحول (أو المولد الكهربائي) .

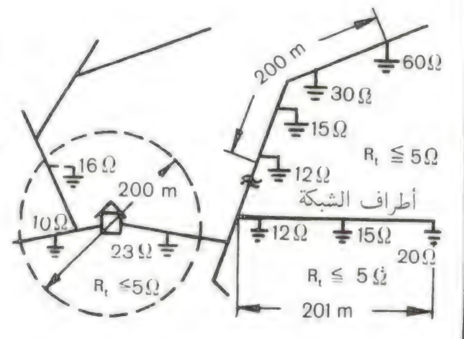
١٠ – يكرر التأريض في شبكات الخطوط الهوائية بقدر الإمكان ، وعلى الأقل عند أطراف الشبكة (أنظر الشكل) .

١١ – في التركيبات الهوائية (مثل خطوط التوصيل الممدودة بمفردها إلى مخزن) يجب عمل تأريض للموصل الصفري عند نهايته ، إذا زاد طول الخط عن 200 m (تأريض جهاز التشغيل) ، وتكون مقاومة التأريض $5\,\Omega$ أو أقل كما يجب ألا تزيد مقاومة التأريض الكلية عن $2\,\Omega$.

١٢ – تبلغ مساحة مقطع التأريض :

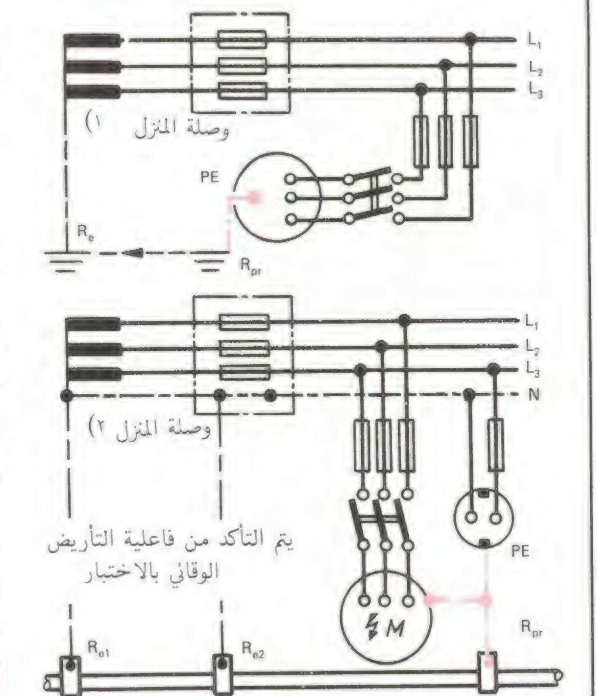
فوق الأرض : $16\ mm^2$ على الأقل ، إذا كانت من النحاس ،
$25\ mm^2$ إذا كانت من الفولاذ ،
2,5 x 20 mm إذا كانت من شرائط الفولاذ

تحت الأرض : $25\ mm^2$ على الأقل إذا كانت سلكا من النحاس
$95\ mm^2$ على الأقل إذا كانت سلكا من الفولاذ ،
$100\ mm^2$ على الأقل إذا كانت أشرطة من الفولاذ



تأريض الوقاية

هو التوصيل المباشر بالأرض لجزء معدني من منشأة كهربائية غير تابع للدائرة وذلك لحماية الإنسان من جهد التلامس العالي.



شروط فاعلية التأريض الوقائي:

١ - يجب أن يكتمل مسار العودة لتيار المؤرض خلال جوف الأرض ويجب ألا تزيد مقاومة تأريض الوقاية عن: $R_{pr} = \frac{65\ V}{I_{Br}}$

I_{Br}= تيار الفصل = $k \cdot I_N$ (للمعامل k أنظر ص ١٢١).

I_N= التيار الاسمي للمصهر المسبق للجهاز.

ويجب استخدام فواصم أوتوماتية لوقاية خطوط توصيل الجهد العالي بقدر الإمكان نظرا لصغر قيمة المعامل k.

٢ - يكتمل مسار العودة لتيار المؤرض في أنابيب المياه: في الشبكات ذات موصل محايد مؤرض، أو ذات موصل خارجي مؤرض، يجب توصيل المؤرض بأكبر عدد ممكن من المواضع، أو على الأقل بالأنابيب الرئيسية أو مدخل وصلة شبكة أنابيب المياه للمبنى. ولا يجوز أن تزيد مقاومة مسار التيار R_i في هذه الحالة عن: $R_i = \frac{U_E}{I_{Br}}$

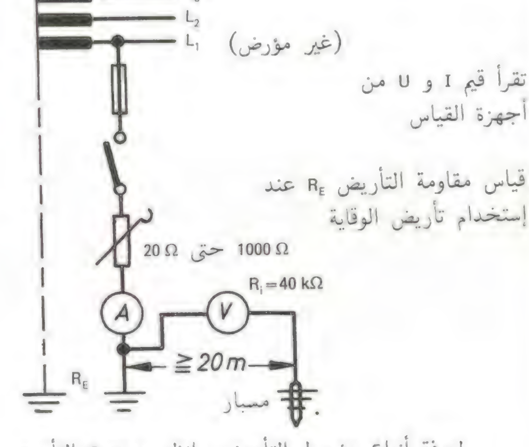
R_i= مجموع مقاومات تأريض التشغيل وتأريض الوقاية والموصلات (المقاومات في مسار تيار دائرة الخلل)

U_E= جهد الموصل الخارجي بالنسبة للأرض.

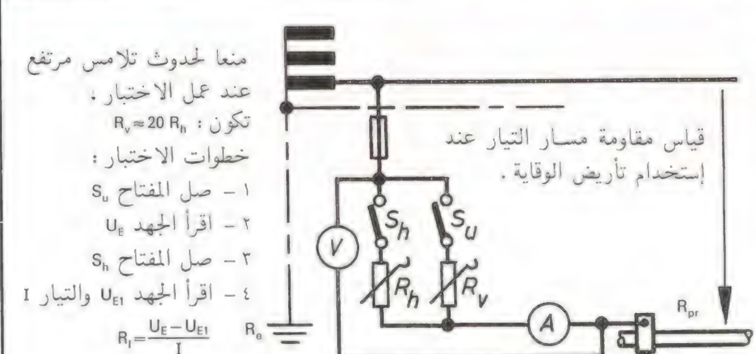
تتساوى مساحة المقطع لكل من موصل الوقاية المعزول والموصل الخارجي لمساحات مقاطع حتى $16\ mm^2$.

الحد الأدنى لمساحات مقاطع الموصلات العارية المصنوعة من النحاس والمستخدمة للوقاية.

		1,5	2,5	4	6	10	16
موصل خارجي (mm^2)		1,5	2,5	4	6	10	16
موصل وقاية PE (mm^2)	محمي	1,5	1,5	2,5	4	6	10
	غير محمي	4	4	4	4	6	10



لمعرفة أنواع وشروط التأريض، انظر موضوع التأريض.



منعا لحدوث تلامس مرتفع عند عمل الاختبار، تكون: $R_v \approx 20\ R_h$

خطوات الاختبار:

١ - صل المفتاح S_u

٢ - اقرأ الجهد U_E

٣ - صل المفتاح S_h

٤ - اقرأ الجهد U_{E1} والتيار I

$R_i = \frac{U_E - U_{E1}}{I}$

الفصل الوقائي

الفصل الوقائي هو الفصل الكهربائي لأحد أجهزة استهلاك التيار الكهربائي من شبكة التغذية باستخدام محول فصل (أو وحدة محرك / مولد) وقد تكون المحولات ثابتة أو متنقلة:

رمز محول الفصل

U_1 حتى 500 V و U_2 حتى 3×380 V و S في حدود 7,5 kVA ويجوز أن تكون نسبة التحويل (t_r) 1:1، لجهد 380 V فأكثر.

تحمل دوائر القصر Ⓚ أو Ⓦ أو ⊜

لتفسير الرموز أنظر «الجهد المنخفض» (صفحة ١٢٢).

ويجب أن يكون للمحول الثابت طرف توصيل ⏚ (تأريض)

وللمحول المتنقل ⧈ (عزل وقائي).

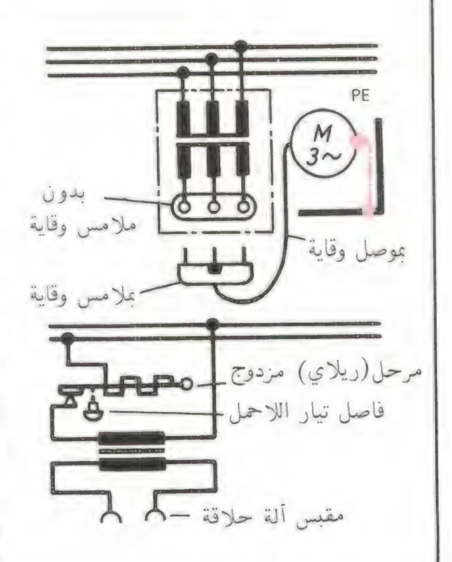
ولا يجوز تأريض دائرة الملف الثانوي للمحول أو وصلها بأجزاء معدنية، كما يكون المقبس المركب داخل الجهاز غير مزود بملامس وقاية.

إذا ما كان U_2 أكبر من 24 V، فإنه يسمح بتوصيل مستهلك واحد للتيار فقط.

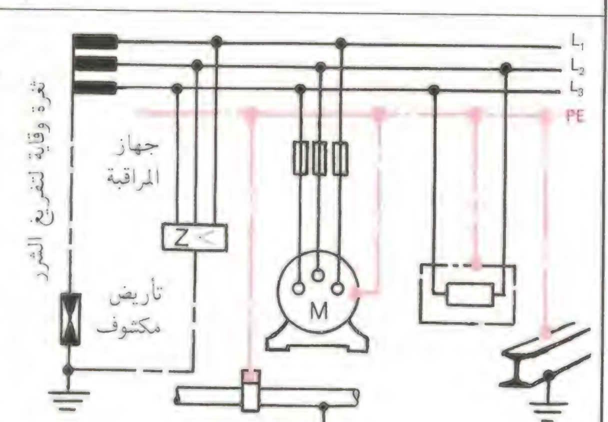
يجب أن تكون خطوط توصيل المستهلكات من طراز NMH على الأقل، وفي المراجل من طراز NSH.

توضع المحولات خارج المراجل وما يماثلها.

في حالات الخطر الشديد (المراجل وما يماثلها)، يتم توصيل الجهاز غير المعزول وقائيا بالأجزاء المعدنية للمنشآت بواسطة موصل وقاية من النحاس قطره $4\ mm^2$ على الأقل (أنظر الشكل).



مجموعة خطوط الوقاية



يجري توصيل جميع أجزاء التركيبات المعدنية التي لا تدخل في دائرة التيار بعضها ببعض وبالهيكل الحديدي للمعدات وما شابه ذلك، ومع المؤرضات. ويسمح بذلك فقط في الحالتين الآتيتين :

أ) إذا كانت مولدات التيار الخاصة أو محولات التيار الخاصة ذات لفائف منفصلة

ب) في حالة وجود مولدات التيار المتنقلة (أطقم مولدات الطوارئ) لإمداد المستهلكات المتنقلة بالطاقة كل على حدة في حدود 25 kVA, 380 V .

الشروط : **أ) التركيبات الثابتة :**

١ – لا يسمح بتوصيل نقطة الشبكة بالأرض إلا بتوصيل مكشوف فقط .

٢ – يحتاج الأمر لجهاز مراقبة لاختبار حالة العزل بالمعدات، وذلك بأن يعطي إشارات ضوئية أو صوتية إذا انخفضت قيمة العزل بالمعدات عن الحد اللازم .

٣ – يجب ألا تزيد مقاومة تأريض المنشأة كلها عن 20 Ω .

ب) التركيبات المتنقلة :

١ – يمكن الاستغناء عن جهاز المراقبة المذكور آنفا .

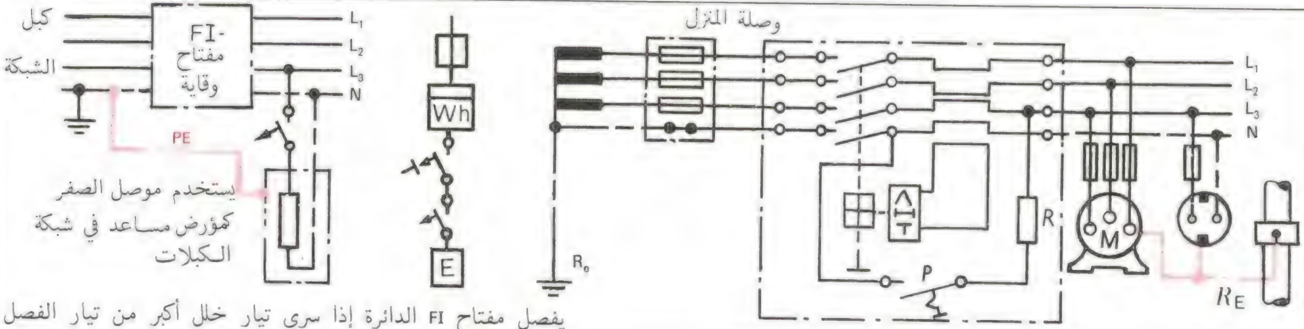
٢ – يجب ألا تزيد مقاومة التأريض لمجموعة خطوط الوقاية عن 100 Ω .

موصل الوقاية : إما أن يكون معزولا مميزا بلون أصفر أخضر أو موصلا نحاسيا عار ومنفصل .

مساحة مقطع الموصل الخارجي (mm^2)	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	90	120	150	185	240	300	400
مساحة مقطع موصل وقاية خطوط الجهد العالي المعزولة (mm^2) (PE)	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	16	16	25	35	50	70	70	95	120	150	185
مساحة مقطع موصل الوقاية العاري (PE) المحمي mm^2	–	–	–	1,5	1,5	2,5	4	6	10	16	16	25	35	50						
مساحة مقطع موصل الوقاية العاري غير المحمي mm^2	–	–	–	4	4	4	4	6	10	16	16	25	35	50						

• تستخدم مساحات مقاطع موصلات الوقاية (PE) كذلك للكبلات 0,6/1 kV ذات أربعة موصلات .

دائرة الوقاية من تيار الخلل (دائرة الوقاية FI)



يفصل مفتاح FI الدائرة إذا سرى تيار خلل أكبر من تيار الفصل للمفتاح في الأجزاء المعدنية المتصلة بالأرض في المنشآت والتي لا تتبع دائرة التيار الكهربائي .

زمن الفصل : أصغر من أو يساوي 0,25

$R_E = \frac{24\ V}{I_{ff}}$ أو $R_E = \frac{65\ V}{I_{ff}}$

I_{ff} = تيار الخلل الحدي = تيار الفصل للمفتاح

مفاتيح الوقاية FI المتداولة تجاريا						
مقاومة التأريض القصوى R_E (Ω)						
تيار الفصل (I_{ff})		0,03 A	0,3 A	0,5 A	1 A	3 A
جهد التلامس الأقصى	24 V	800	80	48	24	8
	65 V	2100	217	130	65	21

١ – يجب مد جميع الخطوط بما في ذلك الموصل المحايد N خلال مفتاح وقاية FI. ويتم فصل التيار عن جميع الخطوط بما فيها الموصل المحايد N .

٢ – يجب تأريض جميع الأجهزة بالأرض (بتوصيلها بموصل الوقاية) .

٣ – في شبكات الكبلات (ليس في شبكات الخطوط الهوائية) يمكن التوصيل بالموصل الصفري قبل مفتاح الوقاية (FI)، إذا تحققت شروط توصيل التعادل (أنظر الشكل) .

٤ – عند تركيب مفتاح الوقاية FI لاحقا يجب مراعاة ترك الموصل الصفري غير متصل بالأرض (وقد يستدعي الأمر إزالة التعادل (الموصل الصفري) عند المستهلك) .

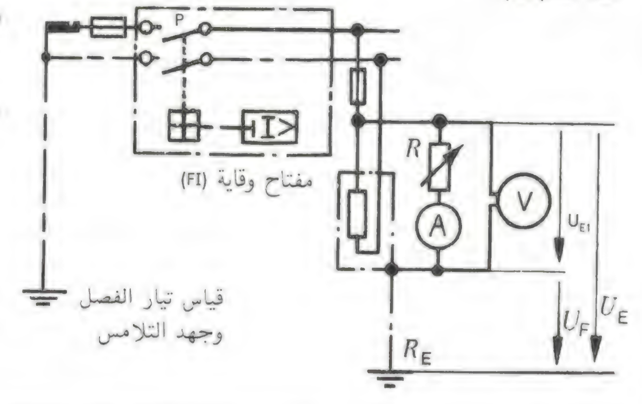
ومن الواجب اختبار مدى توفر الوقاية على النحو التالي :

أ) اختبار الأداء : يضغط على الزر P (يشغل) للتحقق من عمل تركيبة الوصل والفصل للمفتاح .

ب) تغير قيمة المقاومة الانزلاقية R حتى يفصل المفتاح FI .

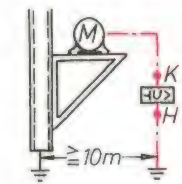
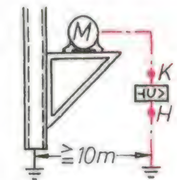
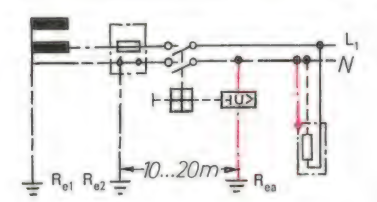
ويجب أن يكون التيار المقروء في الأمبيرمتر A أصغر من أو يساوي I_{ff} . كما يجب أن يكون الجهد ($U_F = U_E - U_{E1}$) أصغر من أو يساوي 65 V أو 24 V . أي أن $U_{E1} \geq 196$ V أو $U_{E1} \geq 155$ V (عند $U_E = 220$) ويوصى باستخدام مفتاح وقاية FI بوجه خاص في مواقع إنشاء المباني (§ 55 N VDE 0100,) وفي الأماكن المعرضة لخطر الحريق (§ 50 N I_{FN} حتى 0,5 A أو 1 A)، وفي المنشآت الزراعية (قانون وقاية الحيوانات، المادة 56 N : I_{FN} حتى 0,5 A) . ويجب تركيب وسائل وقاية (مصاهر) من دوائر القصر قبل المفتاح FI .

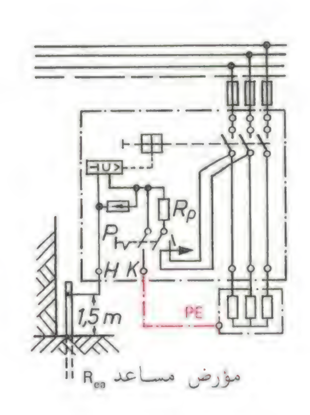
I_{FN} = تيار الخلل الإسمي .



قياس تيار الفصل وجهد التلامس

دائرة الوقاية من جهد الخلل (FU)



مؤرض مساعد R_{ea}

يفصل مفتاح الوقاية FU الدائرة إذا حدث جهد تلامس مرتفع جدا بين الأجزاء الموصلة غير الداخلة في دائرة التيار ، وبين المؤرض المساعد . ويوصل ملف المفتاح FU مثل الفولطمتر بين K و R_{ea} . زمن الفصل أصغر من أو يساوي 0,2 s (يتم فصل التيار عن جميع الموصلات بما في ذلك الموصل الحايد N) .

تيارات الفصل لأنواع المفاتيح المتداولة تجاريا من 40 mA إلى 50 mA .

مقاومة التأريض المساعد عندما يكون $U_{cont.}$ في حدود 65 V : $R_{ea} \leqq 800\ \Omega$

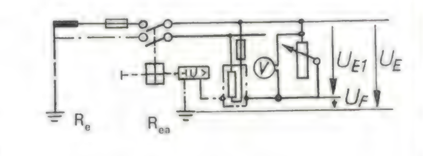
عندما يكون $U_{cont.}$ في حدود 24 V : $R_{ea} \leqq 200\ \Omega$.

يجب ألا تقع المقاومة R_{ea} في قمع (مخروط) الجهد للمقاومة R_e من 10 m إلى 20 m (أنظر الشكل) . وتستخدم عادة مؤرضات مساعدة من نوع خاص . ولا تستخدم شبكات المياه للتأريض إلا في حالة عدم وجود توصيل معدني لأيّ من الأجهزة بأنابيب المياه (لتحاشي خطر تخطي المفتاح FU) .

الحد الأدنى لمقاسات المؤرضات المساعدة
أنبوب $\frac{1}{2}$ على عمق 1,5 m
لوح 0,5 × 0,5 m ، بسمك 3
شريط مؤرض 30 × 3,5 mm طوله 10 m

يمد المؤرض المساعد معزولا عن الجهاز والأجزاء الموصلة للكهرباء المتصلة بالجهاز ويجب أن يكون التوصيل بالمؤرض المساعد مرتفعا 1,50 m فوق منسوب الأرض على الأقل (أنظر الشكل) .

يمد **موصل الوقاية** PE معزولا . وتبلغ مساحة مقطعه عادة عند التمديد المحمي $1,5\ mm^2$ Cu . أنواعه : فروع بلون أخضر / أصفر للموصل متعدد الفروع أو سلك أخضر / أصفر في أنبوب مع الموصلات الخارجية أو موصل مغلف أحادي الفرع . وعند توصيل عدة أجهزة بمفتاح وقاية FU بحيث يكون أحدها مؤرضا تأريضا جيدا ، ولكي يمكن اعتباره مزودا بمؤرض وقاية ، فإنه يجب ألا تقل مساحة مقطع موصل الوقاية عن نصف مساحة مقطع موصل التغذية للجهاز المزود بأكبر قدر ممكن من الوقاية . لمساحات مقاطع موصلات الوقاية PE (أنظر صفحة ١٢٥) .



يمكن استخدام مفاتيح الوقاية FU سواء في الشبكات المؤرضة أو غير المؤرضة ، كما يمكن استخدامها في الشبكات ذات التوصيل الصفري لمراقبة الموصل الحايد . ويتحتم إجراء فحص لاختبار سلامة استجابة المفاتيح .

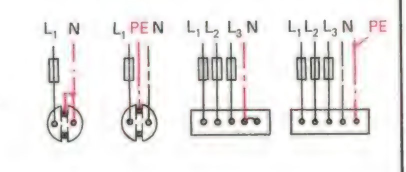
أ) إضغط الزر P للتحقق من أداء ترتيبة المفتاح .

ب) صل المقاومة المتغيرة R والفلطمتر كما هو موضح بالرسم . ويجب أن يفصل المفتاح قبل :

$U_F = U_E - U_{E1} = 65\ V$ أو 24 V

($U_{E1} \geqq 155\ V$ أو $U_{E1} \geqq 196\ V$ وذلك عند : $U_E = 220\ V$) .

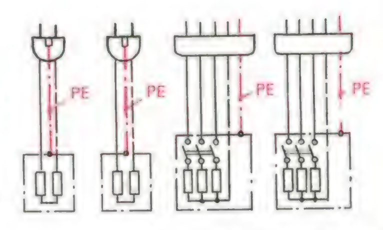
توصيل أجهزة استهلاك التيار المتنقلة



١) يجب أن تضم الخطوط المتنقلة لتغذية أجهزة استهلاك التيار موصل وقاية مميز باللون الأصفر / الأخضر داخل الغلاف المشترك (للإستثناءات أنظر العزل الوقائي والجهد المنخفض والفصل الوقائي) .

٢) يوصل موصل الوقاية بطرف التوصيل ⏚ (الأرضي) لجهاز ، أو ملامس الوقاية للقابس أو المقبس القارن ، أو مقبس الجهاز (للإستثناءات أنظر العزل الوقائي) .

٣) يجب ألا يقع موصل الوقاية عند تمديده تحت إجهاد شد . ويجب أن تنقطع الموصلات الناقلة للتيار تحت تأثير الشد قبل أن ينقطع موصل الوقاية .
كما يجب تجنب اللي أو الثني الحاد (لم يعد مسموحا باستخدام حلزونيات معدنية) .



توصيل أجهزة الإستهلاك المتنقلة باستخدام خطوط متحركة .

٤) لم يعد مسموحا باستخدام قوابس متعددة الرؤوس حتى لو كانت مزودة بملامس وقاية ، أو تجهيزات إقران بالقبس خاصة بالمصابيح ، إلا أنه يسمح باستخدام مقبس قارن متعدد الرؤوس .

٥) يوصل ملامس الوقاية في مقبس الحائط سواء بالموصل المتعادل NL أو بموصل الوقاية القادم من شبكة التوزيع (أنظر الشكل) .

٦) يجب توصيل موصل الوقاية بملامس الوقاية عند استخدام مقابس بملامسات وقاية ، بغض النظر عن نوع المكان .


خط تغذية لجهاز مزود بموصل وقاية (PE) .

٧) لا يجوز إبطال فاعلية إجراءات الوقاية (بعمل توصيلات إطالة بدون موصل وقاية أو التوصيل بمقبس وسيط لا يحتوي على ملامس وقاية) .



العزل الموضعي كتدبير للوقاية

لا يسمح به سوى في المنشآت الثابتة فقط . ويجب تغطية الأرضية والأجزاء الموصلة للكهرباء الموجودة في متناول اليد والمتصلة بالأرض . كما يجب أن يكون الغطاء كبيرا بحيث يسمح بلمس الأجزاء الحاملة للجهد من الموضع المعزول فقط .

ويجب تثبيت الأغطية بإحكام ، وأن تكون قادرة على تحمل الإجهادات الميكانيكية . كما يجب أن تكون جميع الأجزاء الموصلة للكهرباء – التي لا تتبع دائرة التيار – موصلة ببعضها إتصالاً كهربائياً جيدا .

التأريض

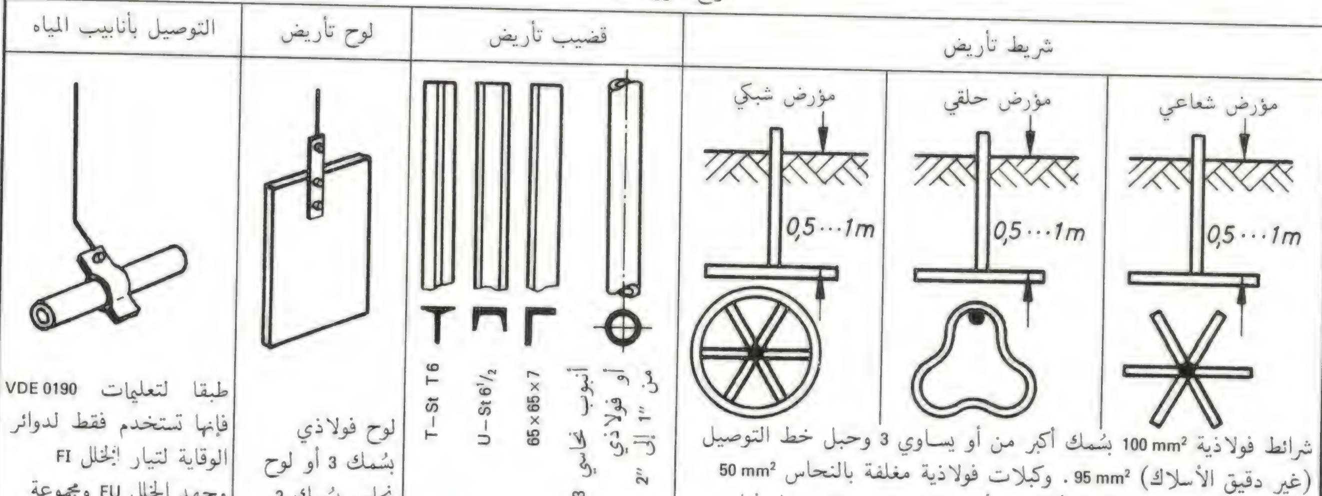
تعريف التأريض :

أ) هو توصيل نقطة في دائرة تيار التشغيل الكهربائي بجوف الأرض ويسمى ذلك **بتأريض التشغيل** . ومقاومة مؤرض التشغيل هي R_B .

ب) توصيل جزء موصل للكهرباء غير تابع لدائرة التيار بالأرض ويسمى ذلك **بتأريض الوقاية** . ومقاومة مؤرض الوقاية هي R_p.

والمؤرضات عبارة عن موصلات عارية مدفونة في جوف الأرض بغرض التأريض .

أنواع المؤرضات



شريط تأريض: شرائط فولاذية $100 mm^2$ بسُمك أكبر من أو يساوي 3 وحبل خط التوصيل (غير دقيق الأسلاك) $95 mm^2$. وكبلات فولاذية مغلفة بالنحاس $50 mm^2$ وشريط نحاسي $50 mm^2$ بسُمك أكبر من أو يساوي 2 وحبل موصل نحاسي $35 mm^2$ (غير دقيق الأسلاك) .

قضيب تأريض: أنبوب غلفني أو فولاذي من "1 إلى "2 ، 30 × 3 ، 65 × 65 × 7 ، U – St 6½ ، T – St T6

لوح تأريض: لوح فولاذي بسُمك 3 أو لوح نحاس بسُمك 2

التوصيل بأنابيب المياه: طبقا لتعليمات VDE 0190 فإنها تستخدم فقط لدوائر الوقاية لتيار اختلال FI وجهد الخلل FU ومجموعة موصلات الوقاية .

المقاومة النوعية لجوف الأرض ρ بوحدة (Ω·m) ومقاومة انتشار التيار بوحدة (Ω)

القيم المتوسطة للمقاومة النوعية ρ بوحدة (Ω m)	
أرض مستنقعات	30
تربة جيرية أو طينية أو زراعية	100
رمل رطب	200
حصباء رطبة	500
رمل وحصباء جافة	1000
تربة حجرية	3000

القيم المتوسطة لمقاومة انتشار التيار بوحدة (Ω)، عند ρ=100 Ω·m

الأشرطة والحبال: الطول	R (Ω)	القضبان والأنابيب: الطول	R (Ω)	ألواح تأريض حافتها العليا على عمق 1 m تقريبا من سطح الأرض: المقاس	R	ماسورة المياه
10 m	20	1 m	70			0,1...2 Ω
25 m	10	2 m	40			
50 m	5	2 m	30	0,5 × 1 m	35	
100 m	3	5 m	20	1 × 1 m	25	

في حالة **المؤرضات الموصلة على التوازي** ، يكون تثبيت المؤرضات خارج المنطقة المحظورة . كأن تكون المسافة الفاصلة بين مواسير المؤرضات مساوية تقريبا لطولها الرئيسي .

مثال ذلك يجب أن تكون المسافة الفاصلة 2m لماسورة مؤرض طولها 2m .

المنطقة المحظورة : هي المنطقة المحيطة بالمؤرض التي تتولد في نطاقها فروق جهد كبيرة (قمع الجهد) .

المقاومة النوعية لجوف الأرض = مقاومة كمية تربة متجانسة طولها 1m ومساحة مقطعها $1 m^2$.

مقاومة انتشار التيار = مقاومة التربة الموجودة بين المؤرض والأرض الإسنادية (للأرض الإسنادية ، انظر صفحة ١٢٠) .

خط التأريض : هو خط التوصيل بين جزء في المعدات الكهربائية والمؤرض .

التركيب : تمدد خطوط التوصيل محمية أو غير محمية **خارج التربة** ، إلا أنه يجب عزلها عند مدها **داخل التربة** .

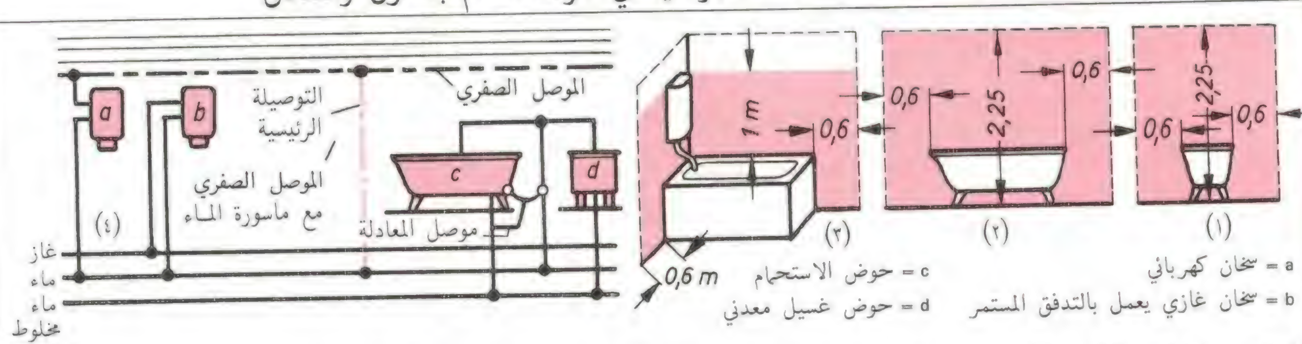
الحد الأدنى لمساحات مقاطع خطوط التأريض

في حالة التركيب (التمديد) الثابت بوقاية ميكانيكية :	في حالة التركيب (التمديد) الثابت بدون وقاية :	توصيلة تخطي (عبور) عند عداد المياه :
مساحة مقطع من النحاس أكبر من أو تساوي $1,5 mm^2$ ومن الألومنيوم أكبر من أو تساوي $2,5 mm^2$.	مساحة مقطع من النحاس أكبر من أو تساوي $4 mm^2$ أو شريط فولاذي مجلفن سمكه 2,5 ومساحة مقطعه $50 mm^2$.	حبل Cu مساحة مقطعه أكبر من أو تساوي $25 mm^2$ أو شريط فولاذي مجلفن بسُمك لا يقل عن 3 .

يمكن استخدام الغلاف المعدني للكبلات المغلفة بالرصاص والممدودة في الأرض مباشرة كمؤرض ، إذا بلغت مساحة مقطع موصل التخطي (العبور) عند جلب التوصيل $4 mm^2$ Cu للموصلات التي لا تزيد مساحة مقطعها عن $6 mm^2$ وتكون $10 mm^2$ Cu فيما زاد على ذلك .

ويتم وصل موصل التخطي للمؤرضات بمشابك (ببراغي M 10 على الأقل) أو باللحام ، مع مراعاة توفير الوقاية ضد التآكل الكيميائي .

التركيبات (التمديدات) الكهربائية في غرف الحمام بالمنازل والفنادق



a = سخان كهربائي
b = سخان غازي يعمل بالتدفق المستمر
c = حوض الاستحمام
d = حوض غسيل معدني

الموصلات: تستخدم فقط موصلات بدون غلاف معدني (تستعمل الأنواع NYIF أو NYM أو NYA في مواسير بلاستيك).

التركيبات (التمديد): داخل الملاط أو تحته، رأسيا أو أفقيا فقط، وخارج النطاق المنصوص عليه في شكل (٣).

ويستثنى من ذلك خط التوصيل المركب عموديا والداخل مباشرة إلى سخان الماء. ويسمح بتركيب موصلات NYM فوق الملاط، حتى في الأركان المركبة بها الأدشاش. إلا إنه لا يسمح باستخدام ما يسمى بالموصلات الخارجية.

المفاتيح والمقابس: لا يسمح بتركيبها داخل النطاق المنصوص عليه في شكل (١) و (٢)، كما يحظر تركيبها في غرف وكبائن الأدشاش الركنية. ويسمح فقط باستخدام مقابس ذات ملامس وقاية (باستثناء مقبس الحلاقة المزود بمحول فصل ويحمل الرمز $\frac{o}{o}$).

المصابيح: تركب عند أركان الأدشاش ويجب على الأقل وقايتها من رذاذ الماء. ويعني الرمز △ التوصية بعمل عزل وقائي.

أجهزة استهلاك التيار الكهربائي: يجب أن تشملها إجراءات الوقاية، سواء كانت ثابتة أو متحركة.

معادلة الجهد: يجب أن توصل كل من فوهة تصريف الماء في حوض الاستحمام (البانيو) المعدني، وتوصيلات الإمداد بالماء العذب المصنوعة من الميتالين، وكذلك جميع أنابيب الغاز والتدفئة الموجودة في متناول اليد بعضها ببعض توصيلا موصلاً للكهرباء (شكل ٤). ويوصل كذلك موصل الوقاية (عند التوصيل بجهد الصفر ومؤرض الوقاية)، بموصل معادلة الجهد وتستخدم موصلات معادلة الجهد كذلك في غرفة الحمام في حالة عدم وجود معدات كهربائية.

وتبلغ مساحة مقطع موصل معادلة الجهد 4 mm² Cu على الأقل أو أن يكون من شريط فولاذي مجلفن مقاساته : 2,5 × 20 mm

العمل مع وجود جهد كهربائي

تحظر أساسا جميع الأعمال المتصلة بأجزاء المعدات الكهربائية الواقعة تحت جهد كهربائي. ويسمح بذلك فقط في بعض الحالات الاستثنائية، بعد اتخاذ إجراءات وقائية خاصة (كاستخدام أغطية عازلة وعزل موقع الوقوف وتثبيته، وتوفير ظروف رؤية جيدة واستعمال أدوات وقفازات عازلة، وارتداء ملابس ضيقة ووقاية للوجه). ولا يسمح بإنجاز الأعمال إلا لأشخاص مدربين.

نوع المنشأة	حتى 250 V بالنسبة للأرض	في محطات الكهرباء حتى 500 V	في حدود جهد تشغيلي 1000 V
الورش الكهربائية	عند تعذر فصل التيار لأسباب مقبولة		في الحالات الطارئة مع وجود شخص مختص
الأماكن الرطبة والمبللة وما يشابهها	في الظروف الاستثنائية وبحذر شديد مع ضرورة وجود فني مدرب.		ممنوع
الغرف المعرضة لخطر الحريق أو الإنفجار	ممنوع		
خط هوائي	عند عدم وجوب فصل التيار لأسباب مقبولة.	ممنوع	
المختبرات والمعامل	تنفذ بواسطة أشخاص مدربين مقدرين للمسؤولية ويعرفون مصادر الخطر مع مراعاة إجراءات الوقاية الممكنة.		
المراكم	مسموح به		

قواعد السلامة عند تنفيذ الأعمال المتعلقة بالتجهيزات الكهربائية :

١ - يفصل التيار الكهربائي عن التركيبات بجميع موصلاتها.
ويعني ذلك فصل التيار عن جميع الخطوط الخارجية الحاملة للجهد، باستثناء موصل الوقاية.

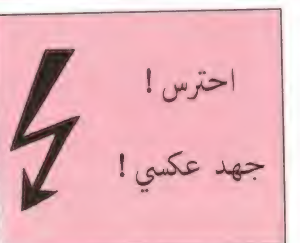
٢ - تؤمن التركيبات ضد إعادة الوصل المفاجئ.
وذلك حسب الظروف بإحكام ربط أو إغلاق مقبض التشغيل وهذا ما يجب عمله بالنسبة لمفاتيح موصلات الحركة في الأوناش طبقا للتعليمات.

٣ - يجب الفحص والتأكد من عدم وجود جهد كهربائي في المعدات قبل بدء العمل، باستخدام أجهزة اختبار الجهد المزودة بمصابيح وامضة وڤولطمترات، ويحظر استخدام مصابيح التجربة أو إصبع اليد لهذا الغرض.

٤ - يجب تأريض الموصلات ووصلها معا بدائرة قصر ويستخدم لذلك مؤرض ودائرة قصر مشتركة طبقا للتعليمات. ويحظر استخدام سلسلة أو سلك منحني لدائرة القصر.

٥ - يجب تغطية الموصلات المجاورة الحاملة للجهد، إذا كان فصل التيار عنها أمرا متعذرا. كما يجب إجراء التغطية بطريقة تضمن استمرار بقاء الغطاء في موضعه.





لوحات التحذير طبقا لتعليمات VDE

الإقران بالقابس والمقبس حتى 750 V/110 A

طبقا لتعليمات 0620e/4.25 و VDE 0620

أنواع الوقاية	الطراز	الرمز المختوم	الوقاية الخاصة
A	نوع مغطى (بدون وقاية ضد الماء)	–	–
B	نوع بوقاية (وقاية من قطرات الماء)	💧	في حالة الجهد المتردد ~220/380 V والجهود الأكبر من 250 V يجب أن تزود بملامس وقاية .
C	نوع محكم الغلق	💧 💧	
D	نوع محكم ضد الماء المضغوط	💧💧💧	

الجهود الإسمية :

500 V, 250 V (ينطبق كذلك لجهد 550 V) و 750 V في حالة التيار المتردد لجهود 220/380 V وأيضا 380 V . لجهود الأكبر من 250 V تستخدم فقط تجهيزات إقران بالقبس لا تسمح بإيلاج أو نزع القابس عند وجود الجهد الكهربائي .

التيارات الإسمية العادية :

6 A و 10 A و 15 A و 25 A و 60 A و 100 A . أصغر قيمة للتيار الإسمي لمقابس الأوناش وأجهزة التسخين (المميزة بالحرف T) هي 10 A . ويجب أن تصنع المقابس على أن تكون صالحة للتشغيل بالتيار المستمر والتيار المتردد .

رموز المقابس

طبقا لتعليمات VDE 0717

- مقبس بسيط
- مقبس مزدوج
- مقبس متعدد (ثلاثي مثلا) 3
- مقبس هاتف
- مقبس بملامس وقاية
- مقبس مزدوج بملامس وقاية
- مقبس بملامس وقاية للتيار ثلاثي الأطوار 3M
- مقبس للهوائي (مع المذياع)
- قابس
- قابس بملامس وقاية
- مقبس قابل للفصل
- كالسابق ولكن بماسك

مفاتيح التوصيل الكهربائية حتى 750 V/60 A

طبقا لتعليمات VDE 0632

التسمية	مفاتيح الفصل أحادي القطب	مفاتيح الفصل ثنائي القطب	مفاتيح الفصل ثلاثي الأقطاب	مفتاح جماعي أحادي القطب	مفتاح توال أحادي القطب	مفتاح عاكس مفرد القطب	مفتاح تصالب أحادي القطب
رقم	1/1	1/2	1/3	4/1	5/1	6/1	7/1
رموز التوصيل							
مفتاح دوّار							
مفتاح قلاب							

الطراز :

مفتاح دوّار أو قلاب أو مفتاح زر أو مفتاح شد أو مفتاح ضغط للإضاءة . وأنواع أخرى من المفاتيح الخاصة .

الجهود الإسمية :

250 V (على الأقل)، 500 V (ينطبق كذلك على الجهد 550 V)، 380 V, 750 V

التيارات الإسمية العادية :

1 A و 2 A و 4 A و 6 A و 10 A و 25 A و 63 A (القيمة الصغرى لمفاتيح التركيبات الكهربائية 6 A، لا تنطبق على المفاتيح الانضغاطية للإضاءة) .

تصنع المفاتيح أحادية القطب أو ثنائيته حتى 10 A, 250 V، على أن تكون صالحة للعمل بالتيار المتردد وبالتيار المستمر .

مفاتيح الإضاءة الانضغاطية حتى 250 V, 60 W فقط .

المفاتيح المتدلية حتى 250 V, 10 A فقط .

أوضاع التشغيل :

0 = فصل الدائرة ، I = وصل الدائرة ، أحمر = وصل الدائرة .

الأشكال الرمزية المعتادة للأزرار الكهربائية

بدون تمييز | إضاءة | جرس | فاتح باب

أزمنة تنفيذ أعمال التركيبات المعتادة

يبين الجدول التالي أزمنة التنفيذ اللازمة لتمديد الأسلاك المعزولة من نوع NYA ونوع NGA ، في أنابيب فولاذية مقواة ، فوق الملاط أو تحته ، مع استخدام مشابك تثبيت ببراغي وتبعد عن بعضها بمسافة 8 cm . وتكون جاهزة للتشغيل بعد التركيب .

السلك A mm²	العدد	7/11 Pb S	13 St C	13 St S	13 Pb C	13 Pb S	16 St C	16 St S	16 Pb C	16 Pb S	21 St C	21 St S	23 Pb C	23 Pb S
1,5	2	25	45	50	30	28								
	3		48	58	33	29								
	4		52	62	36	32	55	66	38	33				
2,5	2		50	53	34	33								
	3		54	57	36	35	60	62	37	36				
	4						62	64	38	38	68	68	40	40
4	2						58	56	34	33				
	3						62	60	39	39				
	4										79	86	44	44
6	2						62	60	38	38	66	72	38	38
	3										73	73	45	45
	4										75	75	51	51
10	2										74	73	39	44
	3										75	75	53	53

الزمن بالدقائق لكل متر طولي من المواسير مقاس :

Surface =S= على الملاط

Concealed =C= تحت الملاط

للتمديد تحت الملاط : تدخل أعمال الجلفطة في نطاق القيم الجدولية ويؤخذ نصف هذه القيم عند إسقاط أزمنة أعمال الجلفطة .

A mm²	العدد	23 Pb S	29 St C	29 St S	29 Pb C	29 Pb S	36 St C	36 St S	36 Pb C	36 Pb S	42 St C	42 St S	48 Pb C	48 Pb S
6														
10	4		80	78	55	55								
16	2	50	76	75	53	53								
	3		85	85	61	61								
	4						95	90	72	72				
25	2		86	84	63	63								
	3						95	95	70	70				
	4						105	105	83	83				
35	2						103	103	65	65				
	3						115	115	71	71				
	4										125	125	85	85
50	2										114	115	65	72
	3										135	135	80	90
	4												95	107

أزمنة التركيب للموصلات الشريطية المزدوجة نوع NJF ونوع NYJF ، الممدودة في الملاط

عدد الفروع والموصلات	2 x 1,5	3 x 1,5	2 x 2,5	3 x 2,5
الزمن بالدقائق لكل متر طولي	12	14	14	16

أزمنة التنفيذ لتمديد أسلاك المواسير من نوع NRA باستخدام مشابك (قفزان) مثبتة ببراغي ومن نوع NRU بمشابك خلوص ، ويكون التركيب فوق الملاط . الزمن بالدقائق لكل متر .

مساحة المقطع A (mm²)	1,5			2,5			4			6		
عدد الأسلاك	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
NRA	27	31	35	30	35	39	34	40	45	39	46	53
NRU	41	45	50	45	50	55	50	56	62	55	62	69

أزمنة التنفيذ :

تركيب مفتاح أحادي القطب 10 A بالدقائق

نوع التمديد	مفتاح فصل	مفتاح توال	مفتاح تناوب	مفتاح تصالب
على الملاط	16	17	17	18
تحت الملاط	18	19	19	20

تركيب وتوصيل مقابس 10 A بالدقائق

نوع التمديد	مفتاح ثنائي القطب	بقطبين وملامس للوقاية	بثلاثة أقطاب	بثلاثة أقطاب وملامس وقاية
على الملاط	15	17	17	20
تحت الملاط	18	20	20	23

الملاط = التلييس

رموز توصيل خطوط التوصيل وخطط التركيب

طبقا للمواصفات 40717 و DIN 40711

الموصلات

- موصل (بصفة عامة)
- موصل متنقل
- موصل برمز لعدد الأسلاك (3 مثلا)
- موصل برمز لعدد الدوائر (2 مثلا)
- موصل وقاية للتأريض أو لتوصيل التعادل أو لدائرة وقاية
- خط توصيل خارجي
- موصل نداء أو جرس
- موصل الهاتف
- موصل الإذاعة

التمثيل للمسافات البعيدة

(يجب إعطاء المعنى في الرسم)، مثال ذلك: موصل إضاءة الطوارئ

موصل محجب مع علامة التأريض أو بدونها (اختياريا)

موصلات مجمعة معا وغير متقاطعة.

حزمة موصلات، متعددة الفروع

كبل متعدد الموصلات، أحادي القطب أو متعدد الأقطاب

5

	متعدد الأقطاب	أحادي الأقطاب
تقاطعات الموصلات (3 مثلا)		
وصلة ثابتة، غير قابلة للفك، كوصلات الحام مثلا.		
وصلات قابلة للفك كأطراف التوصيل مثلا.		

مستهلك التيار

ملامس انزلاقي

أ) أطراف توصيل التوالي مثال ذلك الثلاثة الأولى من الصف

ب) أطراف توصيل توالي مفصولة

ج) بوصلة ثابتة

د) بوصلة قابلة للفك (أو التوصيل)

أ) 1 2 3 ب) 1 2

ج) 4 5 د) 6 7

تمديد الموصلات

- تحت الأرض، مثل كبل أرضي
- فوق الأرض مثل الموصلات الهوائية
- على الملاط
- داخل الملاط
- تحت الملاط
- على عوازل
- موصل معزول داخل أنبوب تركيبات معزولة
- للأماكن الجافة، مثل أسلاك المواسير (d)
- للأماكن الرطبة (خطوط توصيل للأماكن الرطبة) (h)
- كبل للتمديد الخارجي أو الأرضي (c)

تغذية الموصل

أ) إلى أعلى

ب) من أعلى

ج) إلى أسفل

د) من أسفل

موصل للإمرار إلى أعلى وإلى أسفل

توزيع

تجهيزات الإشارات والهاتف

أ) موزع رئيسي (mdb)

ب) ب) موزع (db)

أمثلة

- خط توصيل مزدوج NYIF، ذو موصلين من النحاس 2,5 mm²

NYIF Cu25

- خط توصيل تيار ثلاثي الأطوار بأربعة موصلات نحاسية 6 mm² داخل ماسورة تركيب ممددة تحت الملاط.

380/220V

4 Cu6²

- موصل إشارات متعدد الفروع بعشرة أزواج من الفروع ذات قطر 0,6 مستخدم كموصل في الأماكن الرطبة وممدد فوق الملاط.

(f)10x2x0,6

- توصيلة مدخل المبنى، لتيار القوى الكهربائية.
- مقبس تفريع.
- صندوق توزيع.

عداد

لوحة عدادات ذات مصهر وقاية أو فاصم أوتوماتي 10 A

10A

مفتاح كهربائي زمني، لتحويل قيمة تعريفة التيار الكهربائي مثلا.

مرحل (ريلاي) زمني، لإضاءة السلم مثلا.

مفتاح تيار نبضي:

أو

أ) مفتاح ضغط

ب) مفتاح ضغط للإضاءة

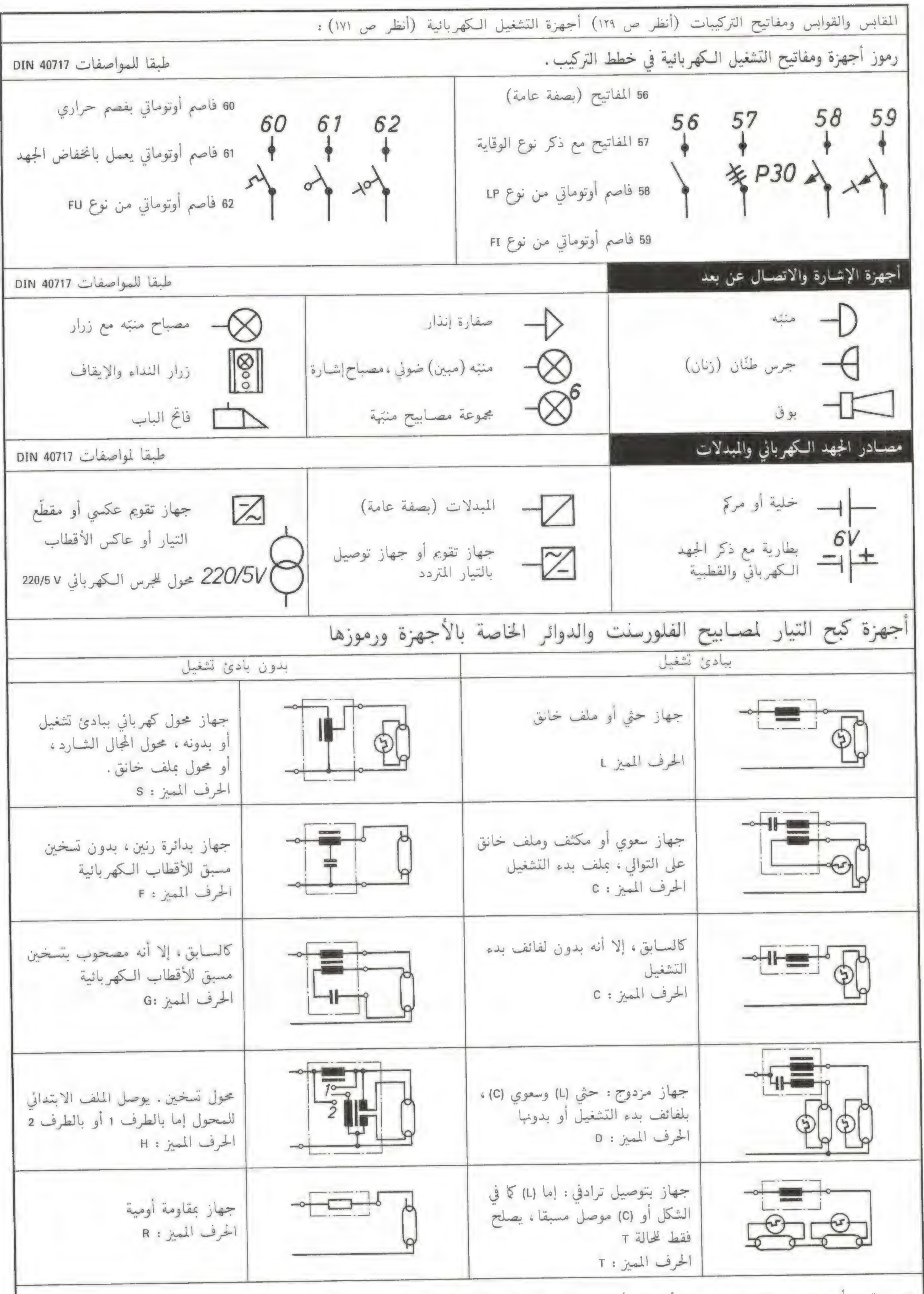
أ) ب)

الأجهزة

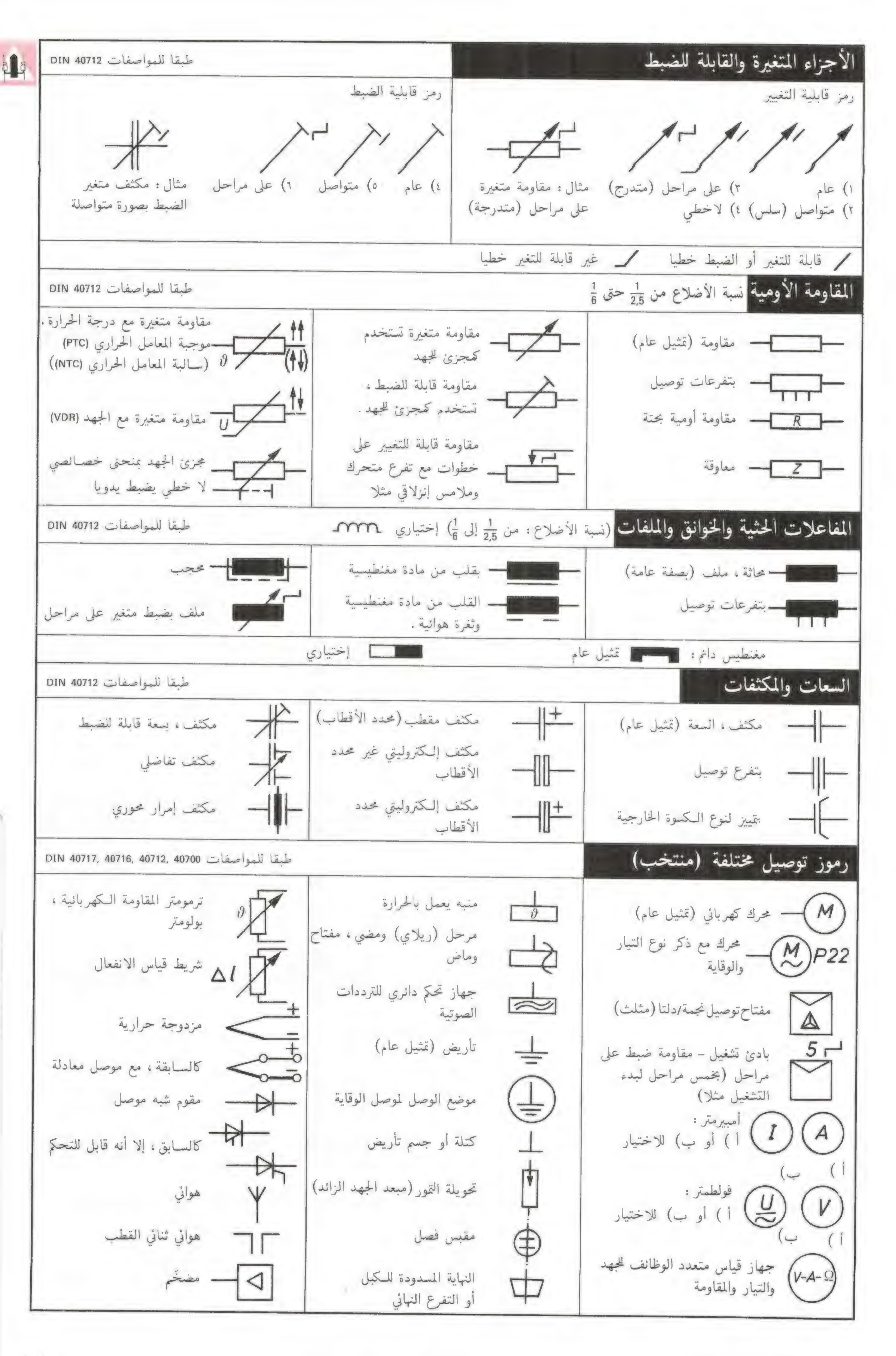
- المصابيح (تمثيل عام)
- مع ذكر عدد المصابيح (n)
- بمفتاح
- مع عمل قنطرة على مجموعة المصابيح
- قابلة للتعتيم (الإظلام)
- إضاءة للطوارئ
- إضاءة تحذير
- كشاف الضوء
- بمساري تيار منفصلين
- مصباح مع مصباح طوارئ
- مصباح تفريغ كهربائي
- وحدة إضاءة ذات خمسة مصابيح — 5x40W
- كالسابق محتويا على 10 × 5 مصابيح — 10x5x40W

- مفتاح متقدم الموضع في الدائرة (تمثيل عام)
- كالسابق مع المعادلة (K)
- بادئ تشغيل
- جهاز كهربائي (بصفة عامة) (E)
- فرن كهربائي
- موقد كهربائي
- ثلاجة أو ثلاجة تجميد
- غسالة صحاف
- غلاية ماء
- غسالة كهربائية

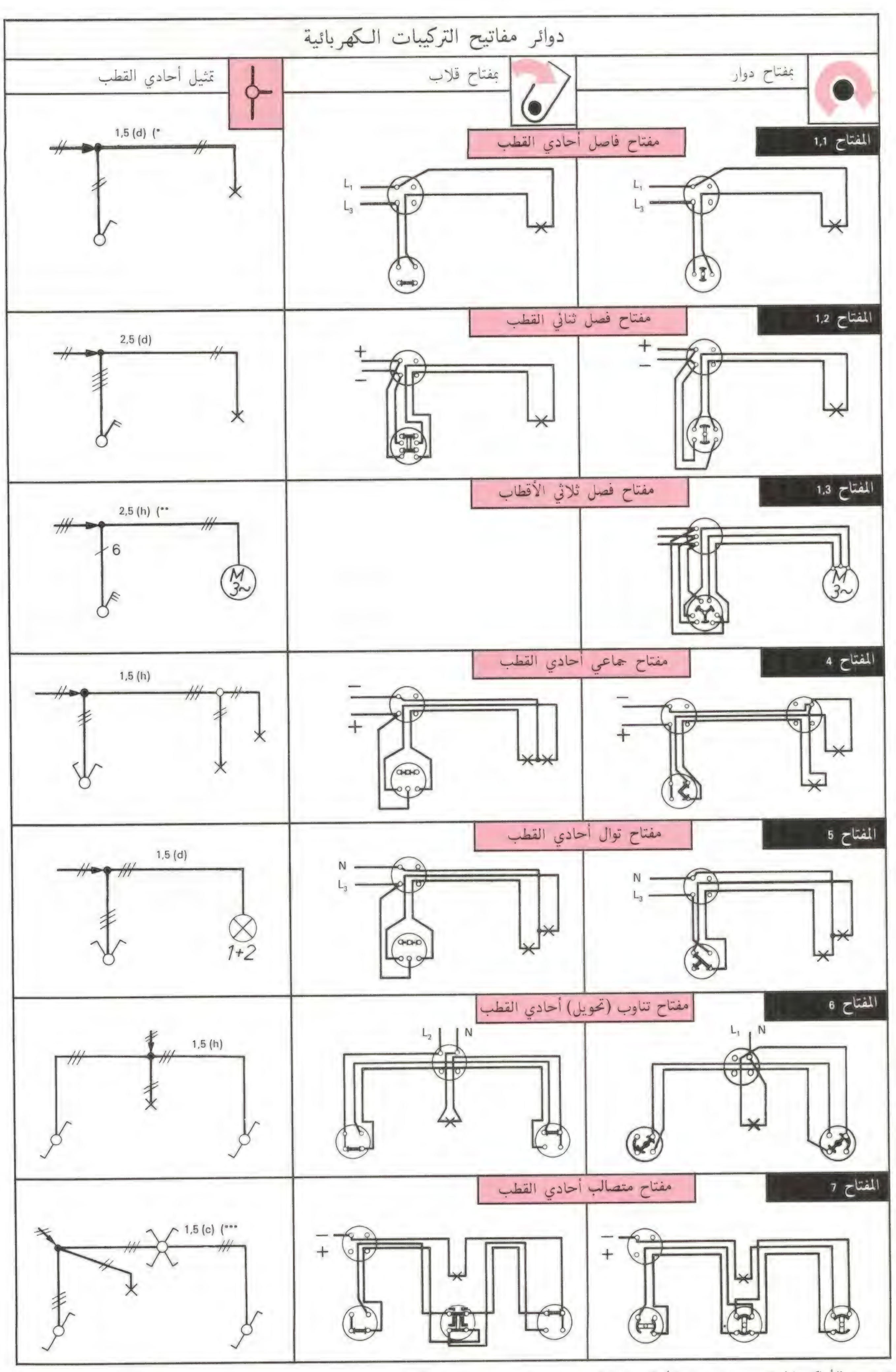
- فرن تسخين
- مختزن للحرارة
- مروحة كهربائية
- جهاز تكييف الهواء
- مكبر الصوت
- جهاز استقبال إذاعي
- جهاز استقبال تليفزيوني
- ساعة كهربائية
- جهاز هاتف منزلي



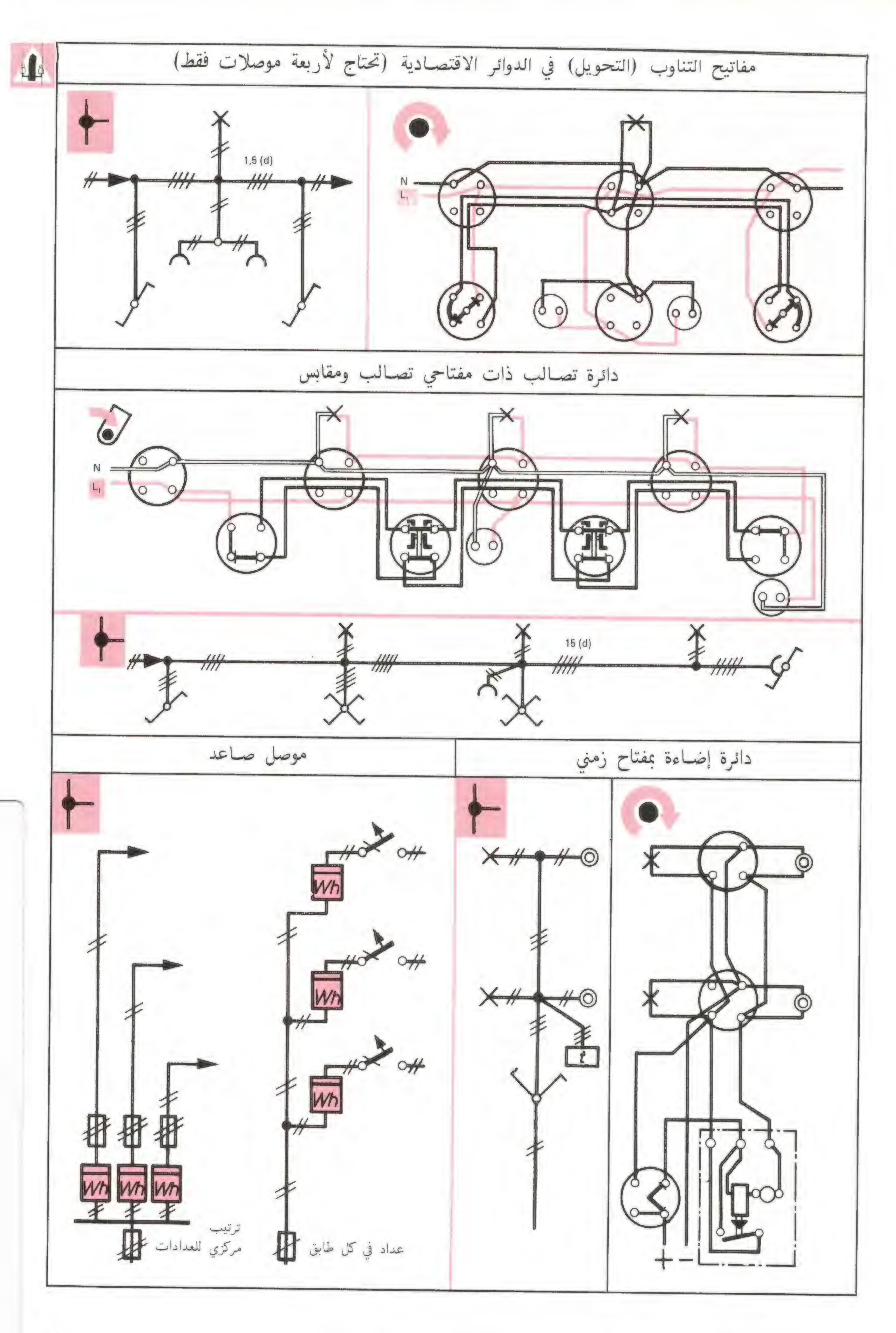
يجري تمييز أجهزة بدء التشغيل بحروف أبجدية وأرقام . وتعني الحروف الأبجدية عند قراءتها من اليسار إلى اليمين : الحرف المميز للجهاز ، والنوع طبقا للمواصفات DIN 49865 اللوحة 2 ، والطراز (O = مكشوف ، A = الملف مغطى ، G = محكم الغلق ، V = بغلاف مصبوب) ، درجة المعادلة (تحسين معامل القدرة) (K = معادل ، L = غير معادل حثيا ، C = غير معادل سعويا) وتعني الأرقام : عدد دوائر المصابيح والقدرة بالواط وطول المصباح بالسنتيمتر .
مثال ذلك : LWOK 2/30/90

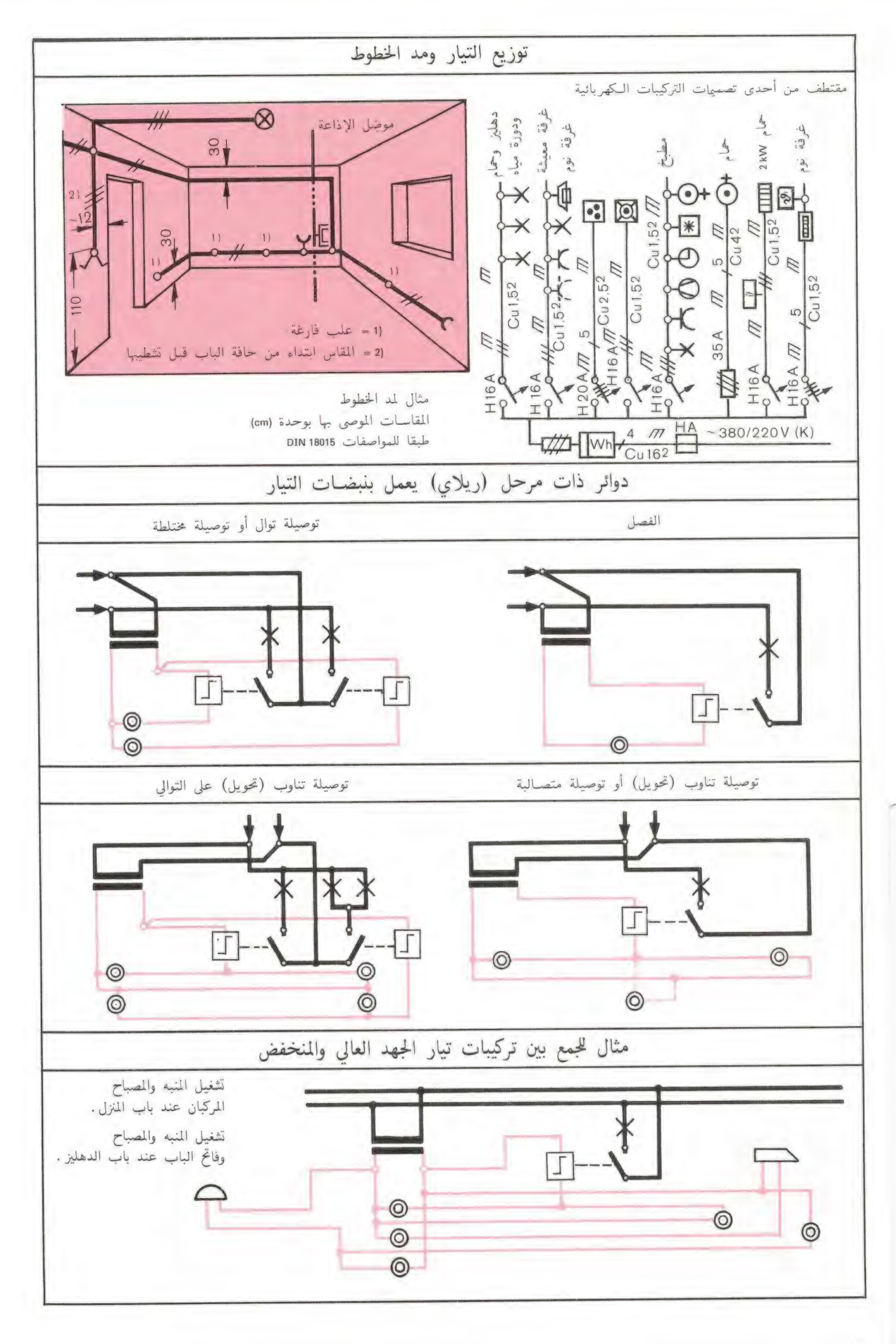


الأجزاء المتغيرة والقابلة للضبط
طبقا للمواصفات DIN 40712
رمز قابلية التغيير
رمز قابلية الضبط
١) عام
٢) متواصل (سلس) ٤) لاخطي
٣) على مراحل (متدرج)
مثال : مقاومة متغيرة على مراحل (متدرجة)
٤) عام
٥) متواصل
٦) على مراحل
مثال : مكثف متغير الضبط بصورة متواصلة
قابلة للتغير أو الضبط خطيا
غير قابلة للتغير خطيا
المقاومة الأومية
نسبة الأضلاع من $\frac{1}{2,5}$ حتى $\frac{1}{6}$
طبقا للمواصفات DIN 40712
مقاومة (تمثيل عام)
بتفرعات توصيل
مقاومة أومية بحتة
R
معاوقة
Z
مقاومة متغيرة تستخدم كمجزئ للجهد
مقاومة قابلة للضبط ، تستخدم كمجزئ للجهد .
مقاومة قابلة للتغيير على خطوات مع تفرع متحرك وملامس إنزلاقي مثلا
مقاومة متغيرة مع درجة الحرارة .
موجبة المعامل الحراري (PTC)
(سالبة المعامل الحراري (NTC))
ϑ
مقاومة متغيرة مع الجهد (VDR)
U
مجزئ الجهد بمنحنى خصائصي لا خطي يضبط يدويا
المفاعلات الحثية والخوانق والملفات
(نسبة الأضلاع : من $\frac{1}{2,5}$ إلى $\frac{1}{6}$) إختياري
طبقا للمواصفات DIN 40712
محاثة ، ملف (بصفة عامة)
بتفرعات توصيل
بقلب من مادة مغنطيسية
القلب من مادة مغنطيسية وثغرة هوائية .
محجب
ملف بضبط متغير على مراحل
مغنطيس دائم : تمثيل عام
إختياري
السعات والمكثفات
طبقا للمواصفات DIN 40712
مكثف ، السعة (تمثيل عام)
بتفرع توصيل
بتمييز لنوع الكسوة الخارجية
مكثف مقطب (محدد الأقطاب)
مكثف إلكتروليتي غير محدد الأقطاب
مكثف إلكتروليتي محدد الأقطاب
مكثف ، بسعة قابلة للضبط
مكثف تفاضلي
مكثف إمرار محوري
رموز توصيل مختلفة (منتخب)
طبقا للمواصفات DIN 40717, 40716, 40712, 40700
محرك كهربائي (تمثيل عام)
M
محرك مع ذكر نوع التيار والوقاية
P22
مفتاح توصيل نجمة/دلتا (مثلث)
بادئ تشغيل - مقاومة ضبط على مراحل (بخمس مراحل لبدء التشغيل مثلا)
5
أمبيرمتر :
أ) أو ب) للاختيار
A
I
أ) ب)
فولطمتر :
أ) أو ب) للاختيار
V
U
أ) ب)
جهاز قياس متعدد الوظائف للجهد والتيار والمقاومة
V-A-Ω
منبه يعمل بالحرارة
مرحل (ريلاي) ومضي ، مفتاح وماض
جهاز تحكم دائري للترددات الصوتية
تأريض (تمثيل عام)
موضع الوصل لموصل الوقاية
كتلة أو جسم تأريض
تحويلة التمور (معبد الجهد الزائد)
مقبس فصل
النهاية المسدودة للكبل أو التفرع النهائي
ترمومتر المقاومة الكهربائية ، بولومتر
شريط قياس الانفعال
Δl
مزدوجة حرارية
كالسابقة ، مع موصل معادلة
مقوم شبه موصل
كالسابق ، إلا أنه قابل للتحكم
هوائي
هوائي ثنائي القطب
مضخم



*) d = للأماكن الجافة **) h = للأماكن الرطبة ***) c = كبل خارجي أو أرضي


مفاتيح التناوب (التحويل) في الدوائر الاقتصادية (تحتاج لأربعة موصلات فقط)
1,5 (d)
N
L1
دائرة تصالب ذات مفتاحي تصالب ومقابس
N
L1
15 (d)
موصل صاعد
دائرة إضاءة بمفتاح زمني
Wh
Wh
Wh
Wh
Wh
Wh
ترتيب
مركزي للعدادات
عداد في كل طابق


توزيع التيار ومد الخطوط
مقتطف من أحدى تصميات التركيبات الكهربائية
موصل الإذاعة
1) = علب فارغة
2) = المقاس ابتداء من حافة الباب قبل تشطيبها
مثال لمد الخطوط
المقاسات الموصى بها بوحدة (cm)
طبقا للمواصفات DIN 18015
دهليز وحمام ودورة مياه
غرفة معيشة
غرفة نوم
مطبخ
حمام
حمام 2 kW
غرفة نوم
H16A
H20A
35 A
Cu1,52
Cu1,52
Cu2,52
Cu42
HA
Wh
Cu162
~380/220V (K)
دوائر ذات مرحل (ريلاي) يعمل بنبضات التيار
الفصل
توصيلة توال أو توصيلة مختلطة
توصيلة تناوب (تحويل) أو توصيلة متصالبة
توصيلة تناوب (تحويل) على التوالي
مثال لجمع بين تركيبات تيار الجهد العالي والمنخفض
تشغيل المنبه والمصباح المركبان عند باب المنزل.
تشغيل المنبه والمصباح وفاتح الباب عند باب الدهليز.



المصابيح ووحدات الإضاءة

مصادر الضوء

مشعات الضوء المتوهجة

مشعات الضوء

محولات الإشعاع

مصباح التفريغ الغازي البحت
مصباح ومضي
مصباح بخار الصوديوم
مصباح بخار الزئبق

أنابيب ضوئية مشعة

أنابيب مواد مشعة (كاثودبارد)

مصابيح المواد المشعة

مصباح الجهد العالي

مصباح الجهد المنخفض

المجموعة الرئيسية للمصابيح المتوهجة الشفافة أو المسنفرة من الداخل، لجهود كهربائية من 110 V إلى 265 V

مجموعة القدرات	W	15	25	40 D	60 D	75 D	100 D	150	200	300	500	1000	2000
التدفق الضوئي (lm) عند:	110 V	135	245	460	820	1070	1550	2340	3260	5150	9250	20000	40000
	220 V	120	220	400	730	950	1380	2100	2950	4800	8300	18500	38400
الكفاية الضوئية (lm/W)	110 V	9	9,8	11,5	13,6	14,3	15,5	15,5	16,3	17,2	18,5	20,0	20,0
	220 V	8	8,8	10	12,2	12,7	13,8	14,0	14,7	16,0	16,5	18,5	19,2

مجموعات القدرات (القدرة بالواط W)

مصابيح الجهد المنخفض:
لجهود 24 V, 40...42 V, 65 V شفافة أو مسنفرة من الداخل. المجموعة الرئيسية:

15	25	40	60	100	150	200

دواة مصباح من نوع E 27 أو B 22

مصابيح مقاومة للصدمات:
لجهود من 110 V إلى 255 V، شفافة أو مسنفرة من الداخل.

25	40	60	100

دواة مصباح من نوع E 27 أو B 22

مصابيح بشكل شمعة:
لجهود من 110 V إلى 235 V مسنفرة

25	40

دواة مصباح من نوع E 14 أو B 15

المصابيح كمثرية الشكل:
لجهود من 110 V إلى 250 V: شفافة أو مسنفرة من الداخل.

15	25

دواة مصباح من نوع E 14 أو B 15

المصابيح الأنبوبية:
لضوء الحياكة، ولوحات التحويل - شفافة

15 (24 . . . 42 V)	15 (. . . 240 V)	25 (. . . 240 V)

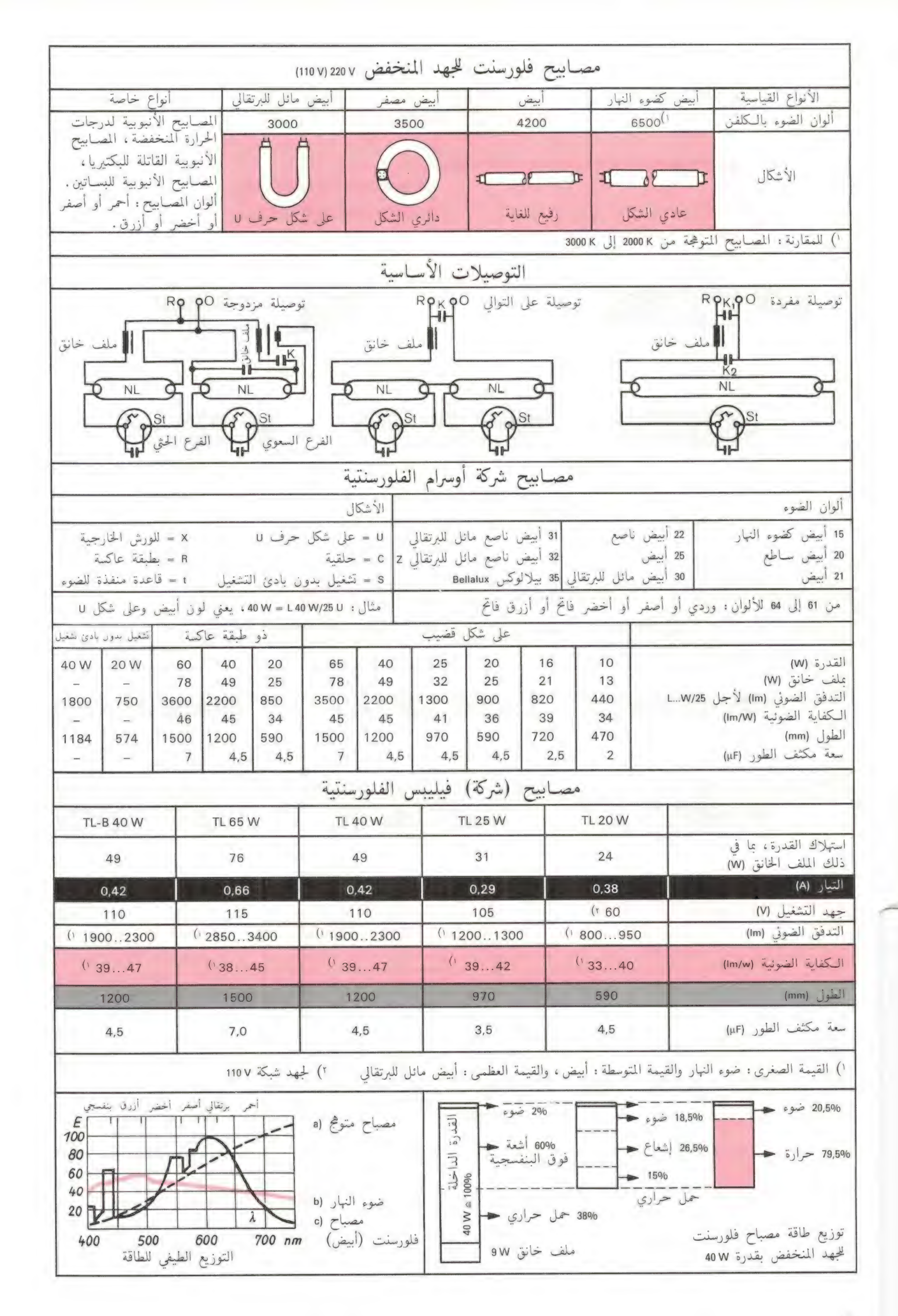
دواة مصباح من E 14 أو B 15

المصابيح الإصبعية:
لجهود من 110 V إلى 235 V، شفافة أو مسنفرة أو براقة أو شبه عاكسة

15	25	40	60	100
دواة مصباح من نوع S 15	دواة مصباح من نوع S 19			

مصابيح الضغط العالي الزئبقية (منتخب)	بمادة مشعة (HQL)			بدون مادة مشعة (HQA)				ضوء مختلط (HWA)			مصابيح صوديوم (NA)		
	50 W	80 W	125 W	80 W	125 W	250 W	400 W	160 W	250 W	500 W	45 W	85 W	140 W
تيار التشغيل (A)	0,63	0,8	1,15	0,8	1,15	2,2	3,3	–	–	–	[1] 1,4/0,6	1,4/0,6	2,1/0,9
القدرة (W)	50	80	125	80	125	250	400	160	250	500	[2] 45	85	140
القدرة مع استعمال خانق (W)	59	89	137	89	137	266	425	–	–	–	[3] 66	106	163
التدفق الضوئي (lm)	1600	2800	4800	2900	4800	11000	19000	2750	4700	11000	2700	6800	11000
الكفاية الضوئية (lm/W) مع استعمال خانق	27	32	35	33	35	41	45	17	19	22	41	64	67
الكثافة الضوئية المتوسطة (cd/cm²)	4		6	40				–	50		10		
مكثف المعادلة (µF)	7	8	10	8	10	18	25	غير ضروري cos φ ~ 0,9			20	20	26
نوع القاعدة	E 27			E 27		E 40		E 27	E 40	E 40	B 22		

١) تيار تشغيل غير معادل ابتدائي / ثانوي. ٢) بدون محول المجال الشارد. ٣) بمحول المجال الشارد 470 V/ 220.



مصابيح فلورسنت للجهد المنخفض 220 V (110 V)

الأنواع القياسية	أبيض كضوء النهار	أبيض	أبيض مصفر	أبيض مائل للبرتقالي	أنواع خاصة
ألوان الضوء بالكلفن	6500[1]	4200	3500	3000	المصابيح الأنبوبية لدرجات الحرارة المنخفضة، المصابيح الأنبوبية القاتلة للبكتيريا، المصابيح الأنبوبية للبساتين. ألوان المصابيح : أحمر أو أصفر أو أخضر أو أزرق.
الأشكال	عادي الشكل	رفيع للغاية	دائري الشكل	على شكل حرف U	

١) للمقارنة : المصابيح المتوهجة من 2000 K إلى 3000 K

التوصيلات الأساسية

مصابيح شركة أوسرام الفلورسنتية

ألوان الضوء			الأشكال	
15 أبيض كضوء النهار	22 أبيض ناصع	31 أبيض ناصع مائل للبرتقالي	U = على شكل حرف U	X = للورش الخارجية
20 أبيض ساطع	25 أبيض	32 أبيض ناصع مائل للبرتقالي Z	C = حلقية	R = بطبقة عاكسة
21 أبيض	30 أبيض مائل للبرتقالي	35 بيلالوكس Bellalux	S = تشغيل بدون بادئ التشغيل	t = قاعدة منفذة للضوء

من 61 إلى 64 للألوان : وردي أو أصفر أو أخضر فاتح أو أزرق فاتح

مثال : L 40 W/25 U = 40 W ، يعني لون أبيض وعلى شكل U

	على شكل قضيب						ذو طبقة عاكسة			تشغيل بدون بادئ تشغيل	
القدرة (W)	10	16	20	25	40	65	20	40	60	20 W	40 W
بملف خانق (W)	13	21	25	32	49	78	25	49	78	–	–
التدفق الضوئي (lm) لأجل L...W/25	440	820	900	1300	2200	3500	850	2200	3600	750	1800
الكفاية الضوئية (lm/W)	34	39	36	41	45	45	34	45	46	–	–
الطول (mm)	470	720	590	970	1200	1500	590	1200	1500	574	1184
سعة مكثف الطور (µF)	2	2,5	4,5	4,5	4,5	7	4,5	4,5	7	–	–

مصابيح (شركة) فيليبس الفلورسنتية

	TL 20 W	TL 25 W	TL 40 W	TL 65 W	TL-B 40 W
استهلاك القدرة، بما في ذلك الملف الخانق (W)	24	31	49	76	49
التيار (A)	0,38	0,29	0,42	0,66	0,42
جهد التشغيل (V)	60[2]	105	110	115	110
التدفق الضوئي (lm)	800...950[1]	1200..1300[1]	1900..2300[1]	2850..3400[1]	1900..2300[1]
الكفاية الضوئية (lm/w)	33...40[1]	39...42[1]	39...47[1]	38...45[1]	39...47[1]
الطول (mm)	590	970	1200	1500	1200
سعة مكثف الطور (µF)	4,5	3,5	4,5	7,0	4,5

١) القيمة الصغرى : ضوء النهار والقيمة المتوسطة : أبيض، والقيمة العظمى : أبيض مائل للبرتقالي ٢) لجهد شبكة 110 V

التوزيع الطيفي للطاقة

توزيع طاقة مصباح فلورسنت للجهد المنخفض بقدرة 40 W



أنابيب الإضاءة للجهد العالي

أنابيب أوسرام الموحدة

الألوان :	النوع	ER 100	ER 150	ER 200
أبيض كالمصباح المتوهج GIW	القدرة بوحدة (W) بما في ذلك :			
أبيض متلألئ MW	قدرة المحول لتيار 75 mA	32	40	50
أبيض يميل إلى الأحمر RW	التدفق الضوئي بصفة تقريبية (lm)	610	915	1150
أبيض كضوء النهار TW	الكفاية الضوئية بوحدة (lm/W)	17 ... 21	20 ... 25	22 ... 27

الجهد اللازم لمحولات الأنابيب الضوئية للجهد العالي (أنابيب النيون) لكل متر من طول الأنبوب في حالة اللاحمل

		الأنابيب ذات الضوء الأحمر		الأنابيب ذات الألوان الأخرى		
تيار الأنبوب بوحدة (mA)		25 ... 35	50 ... 75	25 ... 35	50 ... 75	75 ... 100
قطر الأنبوب بوحدة (mm)		13 10	22 17	13 10	22 17	22
الجهد لكل متر بوحدة (V)	في الداخل			580 700	370 460	300
	في الخارج	850 1000	580 700		320 400	
الجهد الإضافي لكل أنبوب بوحدة (V)		300		260		

توزيع الضوء

نوع الإضاءة	مباشرة	ذو غالبية مباشرة	منتظمة	ذو غالبية غير مباشرة	غير مباشرة
أنواع وحدات الإضاءة (المشكاة)					
توزيع الضوء (رسم تخطيطي) في النصف العلوي للحجرة	0%	30%	50%	70%	100%
توزيع الضوء (رسم تخطيطي) في النصف السفلي للحجرة	100%	70%	50%	30%	0%
توزيع الضوء على مستوى الإسناد					

أشكال توزيع الضوء (مختارات)

يتوقف توزيع الضوء على شكل وحدة الإضاءة ووضع المصباح داخل الوحدة (المشكاة) وتعطي المنحنيات المبينة في الأشكال التالية قيم cd التي حولت حسابيا لمصباح متوهج قدرته الضوئية 1000 lm

مشع عريض

مشع متسع

مشع عميق

مشع كشاف

مشع مائل

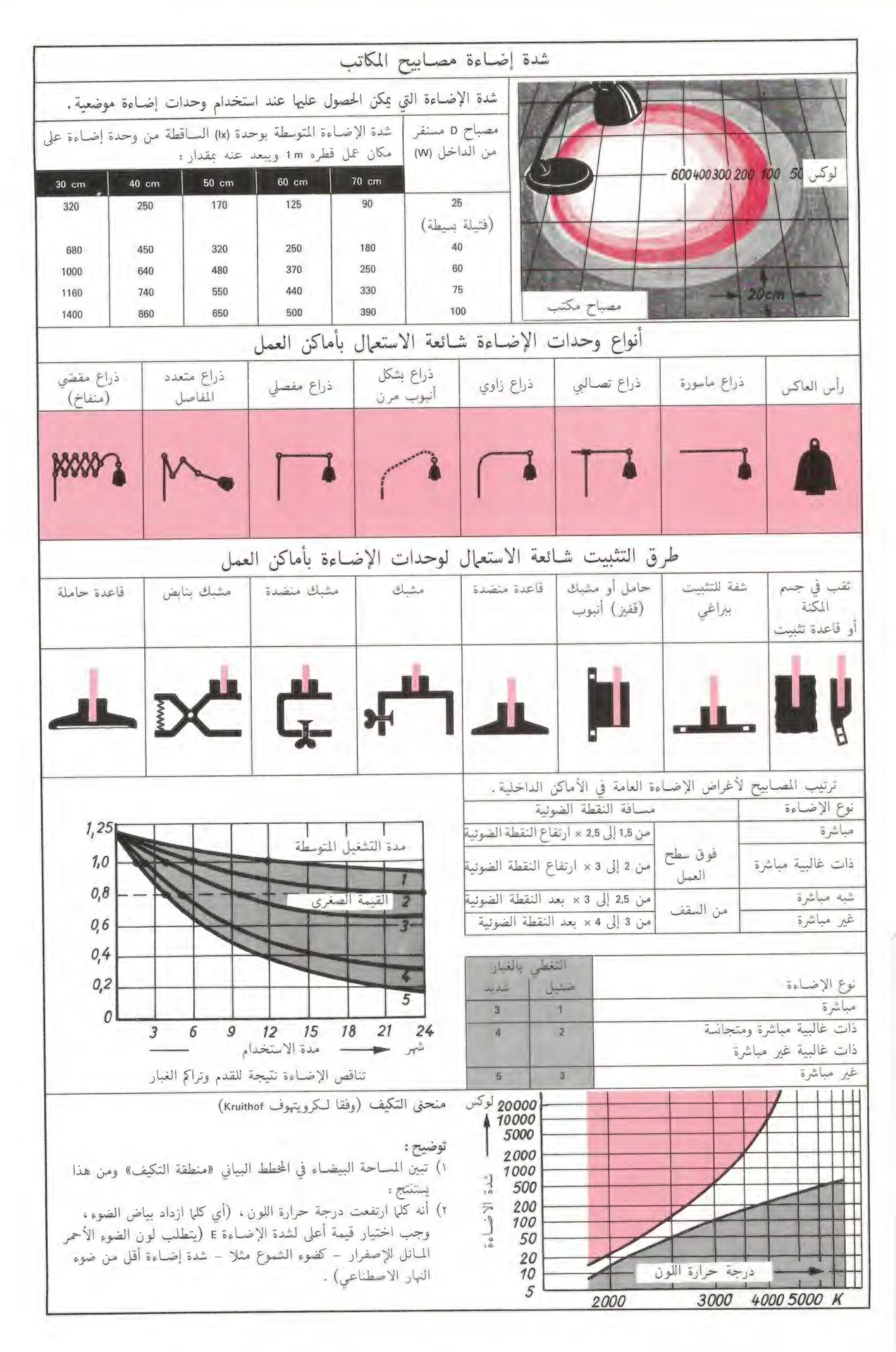
وحدة إضاءة غير مباشرة

منحنيات توزيع الضوء لمصباح فلورسنت

a توزيع الضوء في مستوى عمودي على محور المصباح

b توزيع الضوء في مستوى بامتداد محور المصباح

c توزيع الإضاءة أسفل مصباح فلورسنت ذي عاكس.



شدة إضـاءة مصـابيح المكاتب

شدة الإضاءة التي يمكن الحصول عليها عند استخدام وحدات إضـاءة موضعية .

مصباح D مسنفر من الداخل (W)	شدة الإضـاءة المتوسطة بوحدة (lx) السـاقطة من وحدة إضـاءة على مكان عمل قطره 1 m ويبعد عنه بمقدار :				
	70 cm	60 cm	50 cm	40 cm	30 cm
25 (فتيلة بسيطة)	90	125	170	250	320
40	180	250	320	450	680
60	250	370	480	640	1000
75	330	440	550	740	1160
100	390	500	650	860	1400

أنواع وحدات الإضـاءة شائعة الاستعمال بأماكن العمل

رأس العاكس	ذراع ماسورة	ذراع تصالبي	ذراع زاوي	ذراع بشكل أنبوب مرن	ذراع مفصلي	ذراع متعدد المفاصل	ذراع مقصّي (منفاخ)

طرق التثبيت شـائعة الاستعمال لوحدات الإضـاءة بأماكن العمل

ثقب في جسم المكنة أو قاعدة تثبيت	شفة للتثبيت براغي	حامل أو مشبك (قفيز) أنبوب	قاعدة منضدة	مشبك	مشبك منضدة	مشبك بنابض	قاعدة حاملة

ترتيب المصابيح لأغراض الإضـاءة العامة في الأماكن الداخلية .

نوع الإضاءة	مسافة النقطة الضوئية	
مباشرة	فوق سطح العمل	من 1,5 إلى 2,5 × ارتفاع النقطة الضوئية
ذات غالبية مباشرة	فوق سطح العمل	من 2 إلى 3 × ارتفاع النقطة الضوئية
شبه مباشرة	من السقف	من 2,5 إلى 3 × بعد النقطة الضوئية
غير مباشرة	من السقف	من 3 إلى 4 × بعد النقطة الضوئية

نوع الإضـاءة	التغطي بالغبار: ضئيل	التغطي بالغبار: شديد
مباشرة	1	3
ذات غالبية مباشرة ومتجانسة	2	4
ذات غالبية غير مباشرة		
غير مباشرة	3	5

تناقص الإضـاءة نتيجة للقدم وتراكم الغبار

منحنى التكيف (وفقا لكرويتهوف Kruithof)

توضيح :

١) تبين المساحة البيضاء في المخطط البياني «منطقة التكيف» ومن هذا يستنتج :

٢) أنه كلما ارتفعت درجة حرارة اللون ، (أي كلما ازداد بياض الضوء ، وجب اختيار قيمة أعلى لشدة الإضاءة E (يتطلب لون الضوء الأحمر المائل للإصفرار - كضوء الشموع مثلا - شدة إضاءة أقل من ضوء النهار الاصطناعي) .



قواعد موصى بها للإضـاءة الداخلية بضوء إصطناعي

طبقا لمواصفات DIN 5035

لتعيين شدة الإضـاءة يجب التفريق بين درجتين هما :

الدرجة «A» : ظروف رؤية وعمل مناسبة . ويعني ذلك توفر تباين ضوئي مناسب وإضـاءة سـاطعة لموضع العمل مع تجانس في الإضـاءة موضعيا وزمنيا دون بهر للنظر . كما يمكن استخدام درجة الإضـاءة «A» في تنفيذ عمل يتطلب وقتا قصيراً إذا كان يتم تنفيذ ذلك بجانب عمل مستمر يحتاج إلى إضـاءة أقل .

الدرجة «B» : ظروف رؤية وعمل صعبة بسبب اللون أو التباين أو الانعكاس من المشغولات وسرعة الإنجاز ، وخاصة للأعمال المستمرة وكذلك عند عدم كفاية ضوء النهار .

القيم الموصى بها لشدة الإضاءة

شروط تتعلق بمستوى الرؤية :			ضئيلة جدا	ضئيلة	معتدلة	عالية	عالية جدا	غير عادية
إضـاءة عامة	شدة إضـاءة متوسطة	درجة «A» (lx)	30	60	120	250	600	–
		درجة «B» (lx)	60	120	250	600	1000	–
إضـاءة موضع العمل		درجة «A» (lx)	–	–	250	500	1000	4000
		درجة «B» (lx)	–	–	500	1000	2000	حتى 8000

القيم الموصى بها لشدة الإضاءة في غرف المعيشة (lx)

الإضـاءة العامة . متوسط الإضـاءة الأفقية		إضـاءة موضعية للأعمال الآتية :	
غرف جانبية	30... 60	القراءة والكتابة والأشغال المدرسية	250... 500
غرف المعيشة وغرف النوم	60...120	وأعمال المطبخ وحلاقة الذقن والتزين	
المطبخ والحمام	120...250	أعمال الحياكة .	500...1000
غرف الفنادق والمطاعم	60...120		

القيم الموصى بها لشدة الإضـاءة (lx) (متوسط الإضـاءة الأفقية)

في قاعات الثقافة والإجتماعات		في المستشفيات	
قاعات العرض السينمائي	30...60	الغرف الجانبية	30...60
المساجد بحسب مكانتها وطرازها المعماري والمداخل والردهات في المسارح وقاعات الموسيقى	60...120	غرف المرضى والحمامات وغرف التدليك والعلاج بالأشعة وغرف تغيير الملابس	60...120
الإضـاءة لحركة الجمهور في قاعات المعارض عند وجود إضـاءة مستقلة لأجنحة العرض .	60...120	دورات المياه وغرف الاغتسال	60...250
		غرف التضميد وأشعة رونتجن وكذلك غرف النقاهة	120...250
قاعات العرض والردهات في المسارح	60...250	غرف الاستقبال والفحص الطبي	250...500
قاعات الإحتفالات والإجتماعات ومعارض الصور	120...250	معامل التحاليل والصيدليات	
غرف المعارض والأجنحة عديمة الإضـاءة (على المعروضـات)	250...500	غرف العمليات وغرف التشريح	600...1000

القيم الموصى بها لشدة الإضـاءة في مناطق المرور (متوسط الإضـاءة الأفقية)

الممرات داخل الورش ذات الحركة الضئيلة جدا .	10...30
الدهاليز وبيوت السلالم في المنازل والمساجد ومباني الإدارات قليلة الاستعمال	30...60
في المدارس والمسارح والفنادق ومباني الإدارات وأمام المصاعد	60...120
المداخل والدهاليز والسلالم والسلالم المتحركة والمصاعد في المتاجر وقاعات الرياضة وقاعات المعارض وقاعات العرض .	120 وأكثر من ذلك

شروط الإضـاءة في غرف الدراسة

الغرف الجانبية غرف تغيير الملابس	ضئيلة جدا ضئيلة	غرف الدراسة مختبرات الفيزياء والكيمياء غرف ممارسة الهوايات	معتدلة إلى عالية عالية عالية
دورات المياه وغرف الاغتسال وقاعات الموسيقى ومختبرات الآلات وصالات الرياضة البدنية .	ضئيلة إلى معتدلة	صالات الرسم غرف الأشغال اليدوية	عالية إلى عالية جدا
قاعات المطالعة والكتالوجات في المختبرات .	معتدلة		

القيم الموصى بها للإضـاءة في قاعات الرياضة المغلقة : أنظر المواصفات القياسية DIN 5035

تنسيق الغرف والأعمال في مختلف الفروع المهنية وفقا لشروط الإضـاءة : أنظر المواصفة القياسية DIN 5035

غرف الدراسة : أنظر المواصفات القياسية DIN 18031 «الشروط الصحية في المباني التعليمية» .

الإضاءة لأغراض الدعاية والإعلانات التجارية

اللوحات المعدنية والمسطحات المضاءة كثافة الضوء المطلوبة : لامبرت Lambert	الكثافة الضوئية (cd/m²)
لحروف مضيئة بغطاء من زجاج أوپال .	320...1300
للمسطحات المضاءة .	20... 100
للمسطحات المضاءة من الداخل : كتابة داكنة على خلفية فاتحة	25... 130
كتابة بيضاء على خلفية داكنة	320...1000
كفاية الإضاءة η للوحات المعدنية : من 0,2 إلى 0,25	

شدة الاضاءة المطلوبة :

$$E = \frac{\text{الكثافة الضوئية } L}{\text{قابلية عكس الضوء } \varrho}\ (lx)$$

التدفق الضوئي اللازم :

$$\Phi = \frac{E \cdot A}{\eta}\ (lm)$$

مثال : كثافة الضوء المطلوبة لسطح مضاء هي 180 cd/m²، وهو عبارة عن لوحة بلون أزرق فاتح مساحتها 5 m²، أوجد E و Φ :

$$E = \frac{L}{\varrho} = \frac{180\ cd/m^2}{0,45} = 400\ lx$$

$$\Phi = \frac{E \cdot A}{\eta} = \frac{400\ lx \cdot 5\ m^2}{0,25} = 8000\ lm$$

القيم التقريبية لقابلية اللوحات لعكس الضوء

ألوان الطلاء				ألوان ورق الجدران وغيرها			
أبيض رصاصي	0,70	أحمر برتقالي	0,23	أصفر فاتح	0,50	ألومنيوم مصقول	0,67...0,70
أصفر كرومي	0,55	أزرق قاتم	0,20	أصفر داكن	0,44	ألومنيوم مطفأ	0,55...0,60
أخضر (داكن)	0,48	أخضر زيتي	0,16	أحمر	0,12	مينا بيضاء	0,66...0,70
أزرق فاتح	0,45	رمادي داكن	0,15	أخضر	0,10	نحاس أصفر مصقول	0,60
بني طيني	0,43	أحمر فاتح	0,13	أزرق لازوردي	0,065	نحاس أصفر مطفأ	0,54
رمادي	0,48	أحمر داكن	0,10	ورق رسم أبيض	0,75	نيكل مصقول	0,53...0,55
بيج	0,38	أزرق داكن	0,11	حرير أو كتان أبيض	0,55	نيكل مطفأ	0,48...0,52
أصفر رملي	0,25	خلفية سوداء	0,04	زجاج أوپال بسمك متوسط	0,25		

دوي المصابيح وقواعدها

الدواة أو القاعدة	لولب (إديسون)				بمسمارين		مصباح أنبوبي (اصبعي)	
	E 10	E 14	E 27	E 40	E 15	B 22	S 15	S 19
الجهد (V)	جهد صغير	250	250, 500, 750		250			
التيار الاسمي (A)[1] بدون مفتاح	0,5	2	4[2]	30[3]	2	4	2	2
مساحة مقطع الموصل (mm²)	0,5...0,75	0,75...1	0,75...2,5	1,5...6	0,75...1	0,75...2,5	0,75...2,5	
مجال الاستخدام	المصابيح الصغيرة من جميع الأنواع المصابيح الصغيرة جدا		لأجل 15...200 W	لأجل 300...2000 W	الممرات والورش عند وجود اهتزازات		مصابيح أنبوبية (إصبعية)	

[1] دواة بمفتاح كهربائي لتيار إسمي 2 A ولا يتعدى الجهد 250 V ولاتستخدم للمصابيح من نوع E 40

[2] 2 A في حالة الجهود من 500 V إلى 750 V [3] فوق 125 V يكون التيار 15 A فقط

قاعدة مصباح بمسمارين

قاعدة إديسون (ملولبة)

BA 15s
BA 15d DIN 49720
BA 9s DIN 49715
BA 7s DIN 49710
E14 DIN 49615
E 10
BA 24s
B 22s DIN 49740
BA 20s
BA 20d DIN 49730
E 40 DIN 49625
E 27 DIN 49620

عمر تشغيل المصابيح المتوهجة وقصره نتيجة لتغير الجهد

التغير المنتظم في الجهد (%)	يناظر جهدا زائدا متواصل التأثير (%)	قصر عمر التشغيل (%)
± 0	0	0
± 2,5	0,4	5,2
± 5,0	1,5	19
± 10,0	5,0	50



كثافة الضوء لبعض مصادر الضوء (قيم متوسطة) بوحدة (cd/cm^2)

الشمس	حتى 150 000	مصباح الصوديوم		مصباح ومض	0,02...0,05
السماء الصافية	0,3...0,5	منخفض الضغط	7,5...14	مصباح فانوس سحري	حتى 2 500
السماء الملبدة بالغيوم	0,03...0,1	مصباح بخار الزئبق :		مصباح قوس كهربائي	
القمر (بدرًا)	0,25	شفاف	190...620	عالي القدرة	حتى 100 000
لهب الشمعة	0,7	مسنفر	40...50	شارع مضاء جيدا	$2\cdot10^{-4}$
مصباح متوهج شفاف	100...2 000	بمادة فلورسنتية	4...25	ورق آلة كاتبة في مكتب	
مصباح متوهج مسنفر	5...50	مصباح الضغط العالي	حتى 170 000	مضاء جيدا	$25\cdot10^{-3}$
مصباح متوهج أوبالي	1...5	مصباح زينون بضغط عال	15 000...95 000	عود ثقاب	0,7
مصباح فلورسنت	0,3...1,3	مصباح ضوء مختلط	52	الحد الأدنى للإحساس بالضوء الساطع	
				$10^{-5}cd/m^2 = 10^{-9}cd/cm^2$	

شدة الإضاءة الطبيعية

100 000 lx — 10000 — 1000 — 100

شدة الإضاءة

يوليو، يونيو، أغسطس، مايو، سبتمبر، أبريل، يناير، أكتوبر، فبراير، ديسمبر، مارس، نوفمبر

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22

ساعات اليوم

شمس الصيف (قيمة متوسطة)	100 000 lx
ضوء النهار المنتشر من قبة السماء الملبدة بالغيوم	5 000 lx
ليلة القمر بدرا (ضوء شمس منعكس)	0,25 lx
ليلة صافية للهلال (ضوء النجوم)	0,01 lx

الكفاية الضوئية لمصابيح الإضاءة العامة

lm/W

140 120 100 80 60 40 20

GL: 1000W – 15W; NL: 65W – 4W; ML: 1000W – 160W; Hgl: 2000W – 50W; HQI: 2000W – 400W; Ha-Gl: 2000W – 25W; NaV: 1000W – 160W; Na: 180W – 35W; Na/T: 200W

GL NL ML Hgl. HQI. Ha-Gl. NaV Na Na/T

- GI= مصباح متوهج للاستعمال العام
- NL= مصباح فلورسنت للجهد المنخفض
- ML= مصباح ضوء مختلط
- Hgl= مصباح زئبق للجهد العالي بمادة فلورسنت
- HQI= مصباح هالوجيني ببخار معدني
- Ha – GI= مصباح هالوجيني متوهج
- Na V= مصباح صوديوم عالي الضغط
- Na= مصباح صوديوم منخفض الضغط
- Na/T= مصباح صوديوم منخفض الضغط على شكل قضيب

مكونات ألوان الطيف لمصادر الضوء المختلفة

	بنفسجي	أزرق	أخضر	أصفر	أحمر
إضاءة عادية E	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ضوء الشموع	0,1 / 0,3	0,72	1,45		2,45
مصباح متوهج	0,62	0,72	0,9	1,2	1,62
مصباح متوهج كضوء النهار	0,65	0,9	1,3	1,2	0,98
ضوء زئبقي مختلط بنسبة 1:1	0,9	0,46	0,9	1,8	0,91
مصباح فلورسنت نوع أوسرام L.../15	0,99	1,0	1,04	1,03	0,94
مصباح فلورسنت نوع أوسرام L.../30	0,78	0,65	1,01	1,26	1,3
مصباح فلورسنت نوع أوسرام L.../25	0,72	0,6	1,15	1,36	1,17

دائرة توصيل أنابيب الإضاءة للجهد العالي

N S1 S2 T H E L K

- E = المؤرض
- H = كبل الجهد العالي
- K = غطاء
- L = أنبوب إضاءة
- N = جهد الشبكة حتى 500 V
- S_1 = مفتاح الشبكة
- S_2 = مفتاح الفصل
- T = محول المجال الشارد للجهد العالي

كبلات بلاستيك تستعمل للطاقة الـكهربائية لجهد من 0,6 kV إلى 1 kV وأعلى من ذلك

مدلولات الرموز :

- N – كبل قياسي
- C = مقوى بشريط فولاذي
- B = موصل متحد المركز
- F = مقوى بأسلاك فولاذية مسطحة
- Gb = حلزون متعاكس من شريط فولاذي
- H = طبقة موصلة على العازل
- K = غلاف رصاص
- R = مقوى بأسلاك فولاذية مبرومة
- T = الحبل الحامل للـكبل الهوائي
- Y = بلاستيك ولدائن «PVC»
- re = موصلات مستديرة أحادية السلك
- rm = موصلات مستديرة متعددة الأسلاك
- se = موصل أحادي السلك بشكل قطاع
- sm = موصل متعدد الأسلاك بشكل قطاع

NYY : بمقاطع s, r ، أحادي الفرع من $4\ mm^2$ إلى $16\ mm^2$ re ، متعدد الفروع من $1{,}5\ mm^2$ إلى $300\ mm^2$ ، ومن $25\ mm^2$ إلى $500\ mm^2$ rm ، ومن $25/16\ mm^2$ إلى $300/150\ mm^2$ كبل ذو سعر مناسب . يفضل تمديده في القنوات والخنادق ، إلا أنه لا يصلح للأماكن المعرضة للأخطار الميكانيكية .

NYCY : مثل NYY إلا أن له غلافا إضافيا متمركزا من أسلاك نحاس بين الغلاف الداخلي والغلاف الخارجي . وتستخدم أسلاك النحاس كمؤرضات حماية PE أو كموصلات محايدة N . أحادي الفرع أو متعدد الفروع بمقاسات مثل موصلات NYY ، أو رباعي الفروع حتى $185/95\ mm^2$.

NYCWY : مثل NYCY إلا أنه بموصلات متمركزة من أسلاك ممددة بشكل أعمدة (سياندر Ceander) مساحات المقاطع : من $3\times35/35\ mm^2$ إلى $3\times150/150\ mm^2$.

NYKY : مثل NYY إلا أنه بغلاف رصاص (K) بين أغلفة البلاستيك . الاستخدام : تحت سطح الماء أو في الأماكن شديدة الرطوبة ، ولا يجوز تعريضه للإجهادات الميكانيكية . مقاساته من $2\times1{,}5$ re mm^2 إلى 4×16 re mm^2 .

NYFGb : مثل NYY إلا أنه مقوى بأسلاك فولاذية بين أغلفة كلوريد البوليفينيل ، يتحمل الإجهادات الميكانيكية ، وبمساحة مقطع مثل NYY .

كبلات الـكهرباء المشبعة بالعازل تستعمل بجهد من 0,6 kV إلى 1 kV وأعلى من ذلك

مدلولات الرموز :

- A = غلاف خارجي ، مزدوج AA
- B = مقوى بشريط فولاذي
- D = حلزون واق من الضغط
- E = كبل بثلاثة أغلفة (NEKBA)
- F = مغلق ومقوى بأسلاك فولاذية مسطحة
- G = حلزون متعاكس من سلك فولاذي مسطح
- Gb = حلزون متعاكس من شريط فولاذي
- K = كبل بغلاف رصاص
- R = مغلق ومقوى بسلك فولاذي مبروم
- S = كبل قابل للتمدد للانحدارات بالمناجم
- Y = بلاستيك ولدائن «PVC»
- Z = مقوى بسلك فولاذي على شكل Z

NK, NKA, NKY : بفروع معزولة بالورق المشرب بالعازل ، NK بغلاف من الرصاص غير محمي ، NKA بغلاف رصاصي ومعزول بالجوت ، NKY بغلاف رصاصي ومعزول بالبلاستيك للأماكن الجافة . لا يتحمل الإجهادات الميكانيكية وبمقاطع مثل NYY حتى $300\ mm^2$.

NKBA, NKB : للتركيب أنظر الشكل صفحة ١٤٤ – NKB بدون غلاف خارجي ويستعاض عنه في أحوال كثيرة بكبل مغلف بالبلاستيك . ويستخدم في حالات التعرض للأخطار الميكانيكية .

NYY, NYCY, NYFGbY : يستخدم كـكبل تحكم ويكون رباعي الفروع . NYY – JZ بمؤرض وقاية بلون أخضر أصفر . المقاطع حتى 10×10 re mm^2 , 40×6 re, $61\times2{,}5$ re, $61\times1{,}5$ re وللـكبلات الهوائية ذاتية الدعم NYTY: $4\times16\ mm^2$ ويبلغ إجهاد الشد النوعي المسموح به للنحاس : $50\ N/mm^2$ وللألومنيوم $30\ N/mm^2$

مثال ذلك : NYY $3\times95/50\ mm^2$

$$F_{max}=(3\cdot95\ mm^2+50\ mm^2)\cdot50\ N/mm^2=16750\ N$$

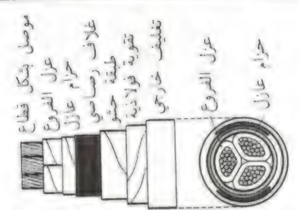
الألوان المميزة لفروع الـكبلات متعددة الفروع لتيار الجهد العالي

عدد الفروع	كبل من نوع «J»	كبل من نوع «O»	بموصل متحدد المركز
2	–	bl/lbu	bl/lbu
3	gn ye/bl/lbu	bl/lbu/br	bl/lbu/br
4	gn ye/bl/lbu/br	bl/lbu/br/bl	bl/lbu/br/bl
5	gn ye/bl/lbu/br/bl	bl/lbu/br/bl/bl	–
6 ...	gn ye/bl بأرقام مطبوعة	bl بأرقام مطبوعة	bl بأرقام مطبوعة

كبل بعازل ورقي مشرب : تستخدم الأسلاك ذات الألوان الطبيعية (شبه عديمة اللون) كبديل للأسلاك بنية اللون . يستخدم السلك أخضر اللون مع الأسلاك ذات الألوان الطبيعية كأنه سلك بلون أخضر أصفر . في النمط «J» يكون الموصل الأخضر والأصفر أقل ثخانة من غيره . عند وجود موصل متحد المركز يكون الموصل الأخضر / الأصفر أقل ثخانة من غيره .

	الرمز طبقا لتعليمات VDE	الرمز الأصلي
كبل رصاص مغلف بالبلاستيك	الخيط المميز أسود – أحمر	خيط ملون مميز للشركة
كبل رصاص مغلف بالورق	العلامة «VDE 0255/ ...» مطبوعة على شريط من الورق	شريط من الورق مميز ببيانات متتالية للمنتج

أنواع الـكبلات الرصاصية المغطاة بالورق لتيار الجهد العالي



كبل متعدد الأغلفة NHEKBA لجهد من 15 kV إلى 30 kV

كبل بحزام عازل NKBA لجهد من 1 kV إلى 10 kV

تكون الـكبلات حتى $16\ mm^2$ أحادية السلك ومستديرة ، وابتداء من $25\ mm^2$ تكون بشكل قطاع ومتعددة الأسلاك .

التحميل المسموح به بالأمبير لـكبلات البلاستيك بدون غلاف معدني من نوع NYY و NYFGbY . ذات ثلاثة أو أربعة فروع

المساحة A (mm²)		1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	90	120
في الأرض	Cu	25	35	45	60	80	110	135	165	200	245	295	340
	Al	–	–	36	48	64	88	110	130	160	195	235	270
في الهواء	Cu	20	28	36	48	64	88	110	130	160	195	235	270
	Al	–	–	29	38	51	70	88	105	130	155	190	215

gn ye = أخضر وأصفر ، bl = أسود ، lbu = أزرق فاتح ، br = بني

قدرة تحميل الـكبلات بالتيار (A) [1]

مساحة المقطع A (mm²)	الجهود حتى 1 kV أحادي الموصل Cu	أحادي الموصل Al	ثنائي الموصل Cu	ثنائي الموصل Al	ثلاثي أو رباعي الموصلات Cu	ثلاثي أو رباعي الموصلات Al
1,5	35	–	30	–	25	–
2,5	50	–	40	–	35	–
4	65	50	50	40	45	35
6	85	70	65	50	60	45
10	110	90	90	70	80	65
16	155	125	120	95	110	90
25	200	160	155	125	135	110
35	250	200	185	150	165	130
50	310	250	235	190	200	160
70	380	305	280	225	245	195
95	460	370	335	270	295	235
120	535	430	380	305	340	370
150	610	490	435	350	390	310
185	685	550	490	390	445	355
240	800	640	570	455	515	410

[1] أنظر الجداول التالية أيضا

قدرة تحميل الـكبلات بالتيار المستمر للـكبلات أحادية الموصل والمتعددة الموصلات عند تمديدها في الأرض

عدد الـكبلات في الحفرة الواحدة	2	3	4	5	6	8	10
معامل التحميل [1]	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,62	0,60

قدرة تحميل الـكبلات أحادية الموصل في دوائر التيار ثلاثي الأطوار عند تمديدها في الأرض

عدد المجموعات في الحفرة الواحدة	2	3	4
معامل التحميل [1]	0,80	0,75	0,70

[1] معامل التحميل هو العدد الذي تضرب فيه القيم الجدولية لحصول على التحميل المسموح به . المسافة الفاصلة بين الـكبلات 7 cm (أي ما يساوي سمك قالب من الطوب)

قدرة التحميل بالأمبير لـكبلات الرصـاص المغلفة بالمطاط أو البلاستيك عند وضعها حرة في الهواء

طبقا لتعليمات VDE 0265

مساحة المقطع (mm²)		1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
كبل أحادي الموصل	Cu [1]	29	40	53	68	95	125	160	200	250	300	370	420	490	550	640
	Al [1]	–	31	42	53	72	95	125	155	195	235	285	330	380	430	500
كبل ثنائي الموصل	Cu	23	32	42	53	72	95	125	150	185	225	265	300	350	390	
	Al	–	25	33	42	56	75	95	115	145	175	205	235	270	300	
كبل ثلاثي أو رباعي الموصلات	Cu	20	27	36	46	62	82	105	135	165	200	240	275	315	360	
	Al	–	21	28	35	48	65	85	105	125	155	185	215	245	280	

[1] تستعمل هذه القيم لـكبلات التيار المتردد

تمديد الـكبلات الموضوعة بجانب بعضها حرة في الهواء

المسافة الفاصلة بين الـكبلات	معامل التحميل [2] 3 كبلات	6 كبلات
مساوية لقطر الـكبل	0,95	0,90
كبلات متلامسة (أي بدون مسافات فاصلة)	0,85	0,80

العلاقة بين التحميل ودرجة الحرارة المحيطة

درجة الحرارة المحيطة (°C)	5	10	15	20	25	30	35
معامل التحميل [2]	1,2	1,13	1,07	1,0	0,93	0,85	0,76

[2] معامل التحميل هو المعامل الذي تضرب فيه قيم الجداول .

خطوط التوصيل الهوائية

مادة التصنيع : موصلات أحادية السلك من Cu أو Bz أو Staku (سلك فولاذي مغطى بطبقة نحاس) تصل مساحة مقطعها إلى $16\ mm^2$. تصنع الحبال السلكية من Cu أو Bz أو من Al وسبائكه أو الفولاذ (المقصدر) أو فولاذ مع ألومنيوم

الحد الأدنى للمساحة (mm^2)		إجهاد الشد المسموح به (daN/mm^2)		الأبعاد الحدية للتعليق (m)	
الحبال السلكية من Cu و Bz	10	Al/St	110...120	Cu $10\ mm^2$	100
St فولاذ (مقصدر)	16	Staku I	250	$16\ mm^2$	160
Al وسبائكه	25	II	350	Al $25\ mm^2$	60
Al/St	16/2,5	III	380	$35\ mm^2$	80
تحسب مساحة مقطع Staku من الحمل الإسمي (الحمل الإسمي الأدنى 3800 N)		للحبال السلكية من Cu و Al و Bz أنظر ص ٧٧		$50\ mm^2$	110
				لمساحات المقاطع ومواد التصنيع الأخرى أنظر تعليمات VDE 0210	

الوزن النوعي ومعامل التمدد الحراري ومقاومة الشد المستمر والموصلية الكهربائية

مادة الموصل	Cu	Bz I	Bz II	Bz III	Al	الألدري	St I	St II	St III	St IV	Al/St 6	Al/St 4	Al/St 3
الكثافة (kg/dm^3)	8,9	8,9	8,65	8,65	2,7	2,7	7,8	7,8	7,8	7,8	3,45	3,65	3,98
α ($10^{-5}/K$)	1,7	1,7	1,66	1,66	2,3	2,3	1,23	1,1	1,1	1,1	1,95	1,76	1,66
σ_B (daN/mm^2)	30	40	50	62	12	24	32	56	90	110	بحسب نسبة Al/St		
$\varkappa$ ($\frac{S \cdot m}{mm^2}$)	56	48	36	18	34,6	30	7				–	–	–

تحميل التيار المسموح به لخطوط التوصيل الهوائية بالأمبير

مساحة المقطع A (mm^2)	10	16	25	35	50	70	95	120	ملاحظات
Cu	70	115	151	174	234	282	357	411	نحاس صلد مسحوب
Al	–	92	121	149	187	226	282	329	ألومنيوم مسحوب
Al/St 6	–	90	125	145	170	235	290	345	نسبة المقاطع (Al/St = 6 : 1)
Al/St 4	–	130	165	200	300	355	440	505	(يتعادل في التحميل مع حبل النحاس المناظر له في مساحة المقطع)
	–	(35,6)	(56,5)	(74,4)	(116)	(154)	(212)	(262)	(المقطع الحقيقي Al+St)
Al/St 3	–	–	150	175	250	300	345	395	(يتعادل في التحميل مع حبل النحاس المناظر له في مساحة المقطع)
	–	–	(33,5)	(46,8)	(66,7)	(93,5)	(128)	(161)	(المقطع الحقيقي Al+St)
St	36 (24)	45 (35)	61	75	93	115	135	154	القيم داخل الأقواس خاصة بالأسلاك المصمتة
سبيكة ألدري (Aldrey)	–	88	115	142	176	215	269	313	

قدرة تحميل حبال البرونز بالتيار المسموح بها، بالأمبير :

برونز I : 92% من مساحة مقطع النحاس المناظر

برونز II : 80% من مساحة مقطع النحاس المناظر

برونز III : 56% من مساحة مقطع النحاس المناظر

تستعمل قيم قدرة التحميل بالتيار لزيادة مسموح بها في درجة الحرارة حتى 40°C

الحد الأدنى للمسافات البينية للموصلات العارية

طبقاً لتعليمات VDE 0100, 0101, 0210

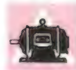
الخطوط الممدودة مكشوفة، لجهود أقل من 1000 V، داخل المباني أو في العراء

المسافة بين الأعمدة (m)	الحد الأدنى للبعد البيني بوحدة (cm): المسافة بين الكبلات	في الأجزاء الداخلية للمبنى	على الجانب الخارجي للمبنى
حتى 2	5	5	5
2...4	10	5	5
4...6	15	5	5
6...20	20	5	5
فوق 20	35	–	–

خطوط هوائية بمسافات بين الأعمدة أكبر من 20 m

الحد الأدنى للمسافات البينية (m)	جهد التشغيل: تحت 1000 V	فوق 1000 V
من الأرض	5[1]	6
من الطرق	6	7
من مسارات طرق المرور	7	7
من الحافة العليا للقضبان عند تقاطع المسارات	7	7
من الأسقف	2,5	3
من الأسقف ذات تغطية غير مقاومة للنيران (يسمح باستخدام حبال سلكية فقط)	12	12
على جانب الأشجار والمباني	1,25	2,5
على جانب انحدار شديد	1,25	3

[1] يبلغ الحد الأدنى للمسافة البينية 2,5 m عندما تكون المسافة بين الأعمدة 20 m



المكنات (الآلات) الـكهربائية

رموز أطراف التوصيل على لوحات التوصيل للمكنات وبوادئ التشغيل وأجهزة التحكم

مكنات التيار المستمر

لفائف عضو الإنتاج		A – B
لفائف التوازي (الإستثارة الذاتية)		C – D
لفائف التوالي		E – F
لفائف الإثارة الخارجية		J – K
لفائف قطب توحيد بملف معادلة أو بدونه		G – H
لفائف قطب توحيد ولفائف معادلة منفصلة	لفائف قطب توحيد	GW – HW
	لفائف معادلة	GK – HK
اللفائف المتماثلة لإزالة التداخل الإذاعي		
لفائف توال لدوران المحرك جهة اليمين	جانب طرف التوصيل A	EA – FA
	جانب طرف التوصيل B	EB – FB
لفائف قطب توحيد	جانب طرف التوصيل A	GA – HA
	جانب طرف التوصيل B	GB – HB

مكنات التيار المتردد

		الملف الابتدائي	الملف الثانوي
تيار ثلاثي الأطوار	موحدة	U, V, W	w ,v ,u
	غير موحدة	U – X, V – Y W – Z	u – x, v – y w – z
تيار ثنائي الطور	موحدان	U, XY, V	u, xy, v
	غير موحدين	U – X, V – Y	u – x, v – y
تيار أحادي الطور	لفائف مساعدة (بصفة عامة)	U – V W – Z	
نقطة متوسطة أو نجمية		N	u

أطراف توصيل للفائف ذات أقطاب قابلة للتبديل. وتدل الأرقام الملحقة بالأحرف على عدد الأقطاب
الترتيب: U4 يقع بين U8 و W8
V4 يقع بين V8 و W8
W4 يقع بين U8 و V8

بادئ التشغيل بالتيار المستمر

طرف توصيل الشبكة	L
طرف توصيل عضو الإنتاج	R
طرف توصيل ملف التوازي	M

وحدة التحكم بالتيار المستمر

طرف توصيل عضو الإنتاج (أو الشبكة)	t
طرف توصيل ملف التوازي	s
طرف لعمل دائرة قصر على ملف المجال	q

ختم البيانات على لوحات القدرة (أنظر الشكل)

طبقاً لتعليمات VDE 0530 و DIN 42961

الرقم	البيانات طبقا للقيم المأخوذة من الـكتالوج
1	نوع التيار، مثال ذلك ~ 3 لتيار ثلاثي الأطوار.
2	أسلوب التشغيل، مثال ذلك Mot = محرك.
3	رقم الإنتاج (رقم المصنع)
4	النوع أو رقم الـكتالوج
5	نوع التوصيل، مثال ذلك Y (للتيار المتردد)
6	الجهد الإسمي، مثال ذلك 380
7	التيار الإسمي، مثال ذلك 63
8	القدرة الإسمية، مثال ذلك 33
9	الرمز: kW أو kVA أو W أو VA
10	معامل القدرة الإسمي cos φ، مثال ذلك 0,88
11	نوع التشغيل، مثال ذلك S 2
12	إتجاه الدوران، مثال ذلك فقط ←

الرقم	البيانات طبقا للقيم المأخوذة من الـكتالوج
13	سرعة الدوران الإسمية مثال ذلك 1440
14	التردد الإسمي، مثال ذلك 50
15	نوع التوصيل للاستثارة (عند الضرورة)
16	يستعمل مصطلح العضو الدوار في حالة المحركات اللاتزامنية
17	جهد السكون للعضو الدوار
18	تيار العضو الدوار
19	ملاحظات إضافية (عند الضرورة)

علاوة على ذلك تضاف علامة الشركة أو إسم المصنع

نوع التيار

تيار مستمر	–
تيار أحادي الطور	1 ~
تيار ثنائي الطور	2 ~
تيار ثلاثي الأطوار	3 ~
تيار سداسي الأطوار	6 ~
تيار متموج	∿
دوران يميني	→
دوران يساري	←

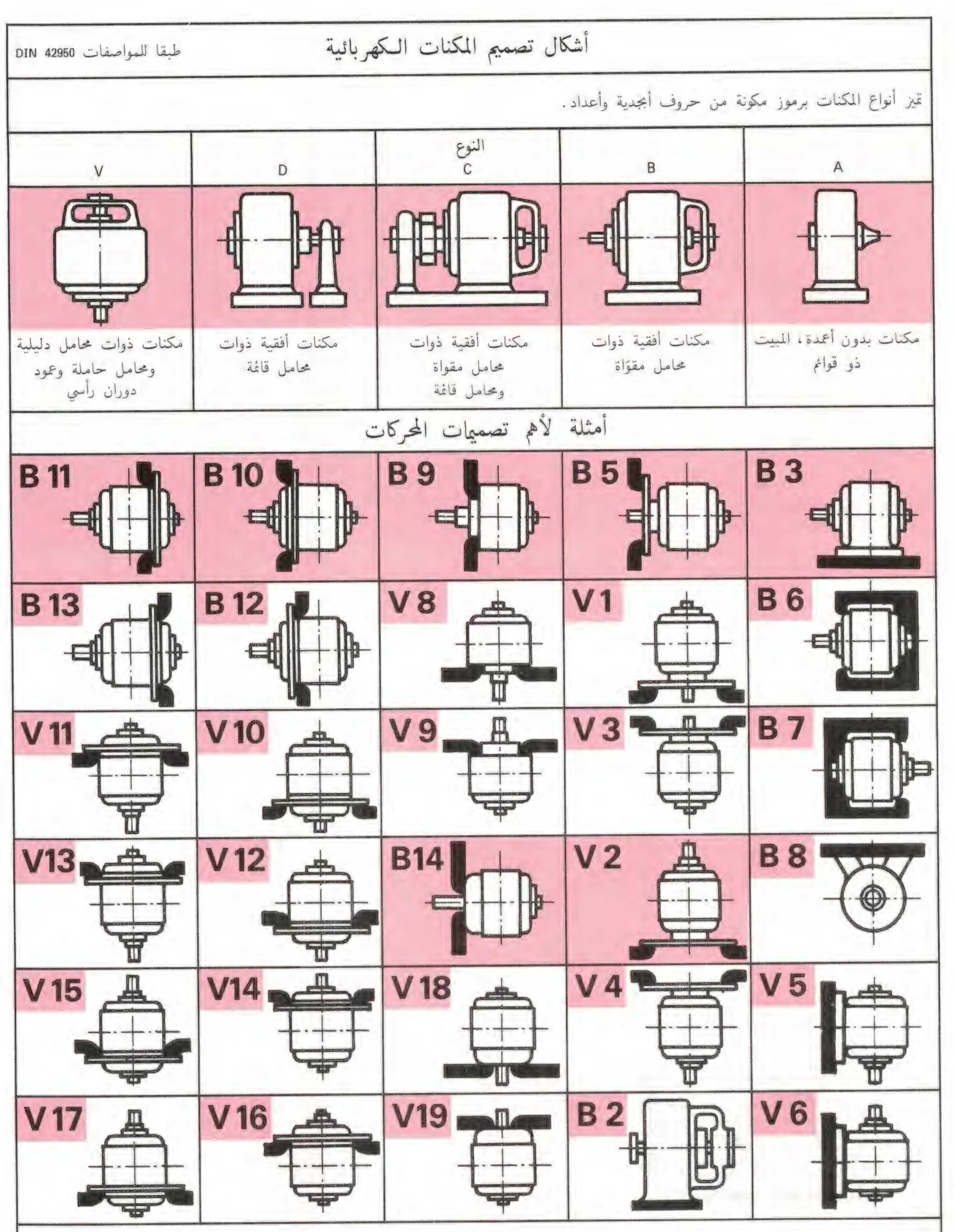
أسلوب التشغيل

مولد	Gen
محرك	Mot
مكنة قدرة مفاعلة	Bl. M.
محوّل	U

نوع التوصيل

أحادي الطور	|
أحادي الطور مع طور مساعد	⊥
طوران موحدان	L
طوران غير موحدين	‖
ثلاثة أطوار بتوصيلة مثلثية	Δ
ثلاثة أطوار بتوصيلة نجمية	Y

ثلاثة أطوار بتوصيلة نجمية ذات نقطة نجمة متصلة بالخارج	Y
ستة أطوار بتوصيلة مثلثية مزدوجة	✡
ستة أطوار بتوصيلة سداسية	⬡
ستة أطوار بتوصيلة نجمية	✳
n من الأطوار مفتوحة	$\|^n$
توصيلة ثلاثية الأطوار مفتوحة	|||



أمثلة :

B 3 = محرك بمحملين مقويين ومبيت ذي قوائم وعمود بطرف حر . ويصلح طرف العمود الحر لتركيب بكرة سير أو ترس بنيون صغير أو أحد نصفي قارنة مرنة أو جاسئة ويكون التركيب على قاعدة أساس أو على قضبان أو قاعدة حديدية أو عوارض خشبية .

B 5 = محرك ذو شفة ربط ، بمحملين ومبيت بدون قوائم وعمود بطرف حر .

V 2 = محرك بمحملين دليليين وعمود بطرف حر متجه إلى أعلى . شفة التثبيت عند المحمل المقوى السفلي .

V 5 = مثل V 2 ، إلا أن الطرف الحر للعمود متجه إلى أسفل . المبيت بقوائم لتثبيته على الجدار .

رموز أنواع الوقاية لمعدات التشغيل

معدات التشغيل هي المكنات الكهربائية والمحولات ومبدلات التيار وأجهزة التوصيل والتركيبات.

ويتكون **الرمز** الدال على نوع الوقاية من الحرف P ورقمي تمييز. وإذا تطلب الأمر تضاف إليه رموز مميزة إضافية.

الرمز

الحرف المميز	P	الرقم المميز الأول	0...6	الرقم المميز الثاني	0...8	الإضافة (إذا احتاج الأمر)
نوع الوقاية ضد التلامس وتسرب الأجسام الغريبة والماء		نوع الوقاية ضد: أ) التلامس ب) تسرب الاجسام الغريبة		نوع الوقاية ضد تسرب الماء		وقاية خاصة: حروف أبجدية لاتينية كبيرة أو صغيرة مع عدد

الرقم المميز الأول

	الوقاية ضد التلامس والأجسام الغريبة	قديما P
0	بدون وقاية	0
1	وقاية ضد تسرب الأجسام الغريبة الصلبة ذات قطر أكبر من 50	1
2	وقاية ضد تسرب الأجسام الغريبة الصلبة ذات قطر أكبر من 12	1/2
3	كالسابقة ولكن ذات قطر أكبر من 2,5	2
4	كالسابقة ولكن لحبيبات الأجسام الصلبة ذات قطر أكبر من 1	3
5	كالسابقة ولكن بوقاية ضد تراكم الأتربة بكثرة	4
6	وقاية كاملة ضد تسرب الأتربة	5

الرقم المميز الثاني

	الوقاية ضد الماء	قديما P
0	بدون وقاية	0
1	وقاية ضد قطرات الماء الساقطة عموديا	1
2	كالسابقة ولكن الساقطة بزاوية في حدود °15 بالنسبة للإتجاه الرأسي.	1 S
3	كالسابقة ولكن الساقطة بزاوية في حدود °60 بالنسبة للإتجاه الرأسي	~2
4	الوقاية ضد رذاذ الماء من جميع الاتجاهات	3
5	وقاية ضد الماء الخارج بشكل نافورة من جميع الاتجاهات.	4
6	وقاية ضد الغمر المؤقت	4 S
7	وقاية كاملة ضد الماء عند الغمر المؤقت	5
8	وقاية كاملة ضد الماء عند الغمر لأية فترة زمنية تحت ضغط محدد.	5

عند التوسع في نوع الوقاية يضاف الحرف الأبجدي R (توصيل أنبوبي أو تبريد المكنات بالهواء البارد) أو الحرف الأبجدي W (وقاية ضد التقلبات الجوية) أو الحرف h مضاف إليه رقم مميز (القيم المفضلة: 0,05 و 0,1 و 0,3 و 1 و 3 و 7) ويعني الحرف الأبجدي h الملحق به رقم مميز، العلو المسموح به للماء بالأمتار فوق معدات التشغيل (عمق الغمر تحت الماء). مثال ذلك P 68 h 3 = 3 m من عمود الماء فوق تجهيزة التشغيل.
وتمتد الوقاية للمكنات الكهربائية بصفة عامة حتى أنواع P 33 و P 65، وللمحولات حتى P 65، ولأجهزة التوصيل وأجهزة التركيبات حتى P 68، ولمقومات التيار بأشباه الموصلات حتى P 44. وقد يكون لبعض أجزاء من جهاز معين أنواع وقاية مختلفة، مثال ذلك: P 21 وأطراف توصيل P 44

الوقاية الإضافية طبقا لتعليمات VDE 0170/0171/0165/0710

(Sch)	الوقاية ضد اللهب
(Ex)	الوقاية ضد الانفجار
(Sch) e (Ex) e	درجة أمان زائدة
d	إغلاق محكم مقاوم للضغط
f	تهوية خارجية
o	وقاية محكمة بالغمر في الزيت
p	وقاية محكمة بألواح
s	أنواع وقاية خاصة

درجة أمان زائدة

مجموعة الإشعال	درجة حرارة الإشتعال °C	درجة الحرارة الحدية المسموح بها °C
G 1	فوق 450	360
G 2	300...450	240
G 3	200...300	160
G 4	135...200	110
G 5	100...135	80

أنواع الوقاية للمصابيح

وقاية ضد قطرات الماء	≙ P 21
وقاية ضد الأمطار	≙ P 22
وقاية ضد رذاذ الماء	≙ P 34
وقاية ضد الماء الخارج بشكل نافورة	≙ P 45
محكم ضد تسرب الماء	≙ P 68
وقاية ضد الأتربة	محكم ضد تسرب الأتربة

أنواع الانفجارات

الدرجة	عرض الفجوة
1	اكبر من 0,6 mm
2	من 0,4 mm إلى 0,6 mm
3...*)	حتى 0,4 mm وأقل.

مجموعات الإشعال

G 1	الأسيتون والإيثين وخلات الإثيل وكلوريد الإثيل والإيثيلين والنشادر والبنزول وحامض الخليك وأكسيد الكربون والميثين والميثانول والنفتالين والبروبين وغاز الاستصباح والغاز المائي والهيدروجين.
G 2	الأسيتيلين والكحول الإيثيلي والبرافينات الحلقية وأسيتات الإميل والبيوتين النوني (n) والكحول البوتيلي النوني (n) والكحول البروبيلي النوني (n).
G 3	الجليكول الإيثيلي والبنزين والبترول والبرافين الحلقي وزيت الترابنتين.
G 4	الألدهيد الخلي والإيثير الإيثير الإيثيلي
G 5	ثاني كبريتيد الكربون

أمثلة: P 12 وقاية ضد التلامس بمساحات كبيرة وضد تسرب الأجسام الغريبة الصلبة ذات قطر أكبر من 50 ووقاية ضد رذاذ الماء
(Sch) e – P 33 – وقاية ضد اللهب ودرجة أمان زائدة ووقاية ضد التلامس مع أدوات التشغيل، ووقاية ضد الأتربة الخشنة ذات قطر أكبر من 1 ومن ماء الطرطشة.
(Ex)d 3c G2 – بإحكام متحمل للضغط مناسب لدرجة انفجار 3c (c = أستيلين) – ومجموعة إشعال 2.

*) يضاف الحرف الأبجدي a, b, ...n إلى العدد 3 ويدل الحرف على نوع الغاز.

الجهود الإسمية القياسية للمكنات الـكهربائية

طبقا لتعليمات VDE 0530

مجموعة القدرة للمحركات حتى 110 kW

قيم موصى بها من IEC

kW	0,18	0,25	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5
kW	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90	110	

القيم المتوسطة للتيارات الإسمية لمحركات التيار ثلاثي الأطوار بسرعة دوران 1500 r.p.m.

القدرة الإسمية للمحرك	التيار الإسمي التقريبي (A) للمحرك عند جهد :				القدرة الإسمية للمحرك	التيار الإسمي التقريبي (A) للمحرك عند جهد :			
kW	125 V	220 V	380 V	500 V	kW	125 V	220 V	380 V	500 V
0,125	1,22	0,69	0,4	0,3	5,5	36	21	12	9,1
0,18	1,67	0,95	0,55	0,42	7,5	49	28	16	12,2
0,25	2,3	1,28	0,74	0,56	11	70	40	23	17,5
0,37	3,2	1,82	1,05	0,8	15	93	53	31	23
0,55	4,5	2,6	1,48	1,13	22	135	76	44	33
0,8	6,3	3,6	2,1	1,58	30	–	100	59	45
1,1	8,2	4,7	2,7	2,1	38	–	130	74	56
1,5	10,9	6,2	3,6	2,7	50	–	165	95	72
2,2	15,2	8,7	5	3,8	63	–	200	120	89
3	20	11,6	6,7	5,1	80	–	255	150	110
4	26	15,1	8,7	6,6	100	–	325	190	140

استهلاك القدرة بالواط للمحركات لكل kW من القدرة المعطاة بكفايات متنوعة

η %	75	77	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	94
W/kW	1335	1300	1270	1250	1235	1220	1205	1190	1178	1165	1150	1138	1125	1111	1088	1065

الـكفاية المتوسطة للمحركات عند الحمل الـكامل

تختلف الـكفاية في المحركات باختلاف حجم المحرك (قدرته) ونوعه (مكشوف أو محكم الغلق) وسرعة الدوران الإسمية .

نوع المحرك	قدرة المحرك (kW) حتى 0,25	حتى 0,7	حتى 1,5	حتى 3	حتى 5,5	حتى 7,5	حتى 11	حتى 22	حتى 50	حتى 100
تيار مستمر أو تيار أحادي الطور	59…68	69…74	75…77	78…80	81…82	82…83,5	83…84	85…86	87…89	89…91
تيار ثلاثي الأطوار	67…72	75…78	78…81	81…84	84…85	84…86	85…87	86…88	88…90	90…91

معامل القدرة المتوسط لمحركات التيار ثلاثي الأطوار عند الحمل الـكامل

يختلف معامل القدرة للمحركات باختلاف حجم المحرك (قدرته) وسرعة دورانه الإسمية

سرعة الدوران (r.p.m.)	cos φ قدرة المحرك kW حتى 0,25	حتى 0,7	حتى 1,5	حتى 3	حتى 5,5	حتى 7,5	حتى 11	حتى 22	حتى 50	حتى 100
3000	0,79	0,84	0,86	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91
1500	0,72	0,78	0,82	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,90	0,90
1000	0,65	0,73	0,77	0,80	0,82	0,85	0,85	0,86	0,88	0,89
750	0,64	0,71	0,77	0,80	0,82	0,84	0,85	0,87	0,89	0,90
600	–	–	–	–	–	0,84	0,85	0,86	0,88	0,90

القيم القياسية لمعاملات القدرة للمولدات الـكهربائية طبقا لتعليمات VDE 0530 هي : 0,8 و 0,85

العلاقة بين معامل القدرة والحمل في المحركات (قيم متوسطة)*)

التحميل %	اللاحمل	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
الـكفاية η كنسبة مئوية من الـكفاية في حالة الحمل الإسمي	0	50	70	81	88	92	96	98,5	100	100	100	99	96

العلاقة بين الـكفاية والحمل في المحركات*) . . . (قيم متوسطة)

التحميل %	اللاحمل	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
معامل القدرة كنسبة مئوية من معامل القدرة cos φ في حالة الحمل الإسمي	36	47	56	64	72	79	86	92	96	100	100	100	98

*) قيم الجدول خاصة بمحرك قدرته 2,2 kW



سرعة دوران محركات التيار المستمر المكشوفة عند الحمل الكامل*) — 3~

سرعة الدوران لحالة اللاحمل (تقريبا) r.p.m.	3000	2000	1500	1200	1000	750	600	500
مجال سرعة الدوران r.p.m.	2800... 2850	2000	1400... 1460	1150... 1170	950... 975	700... 725	550... 575	460... 475
لمجال القدرة kW	0,25... 5,5	0,2... 10	0,125 64	14... 100	0,125... 125	7,5... 100	6... 80	4,5... 64

*) للتيار ثلاثي الأطوار أيضا

3~ سرعة الدوران وعدد الأقطاب والتفويت (الانزلاق) لمحركات التيار ثلاثي الأطوار

سرعة دوران المجال الدوّار r.p.m.	3000	1500	1000	750	600	500	375	300	قدرة المحرك (kW)	0,8	2,2	5,5	11	22	50
عدد أقطاب المحرك	2	4	6	8	10	12	16	20	التفويت لحالة الحمل الكامل % (تقريبا)	7	5,5	5,2	4,2	3	2

الترددات القياسية*) 50Hz

أما لشبكات التغذية أحادية الطور للقطارات الكهربائية فهي $16\frac{2}{3}$ Hz .

جهود الفرش لمحركات التيار ثلاثي الأطوار المكشوفة ذات حلقات الانزلاق

القدرة الإسمية (kW)	جهد الفرش (V)	القدرة الإسمية (kW)	جهد الفرش (V)	القدرة الإسمية (kW)	جهد الفرش (V)
1,1	47... 85	7,5	126...230		118...176 أو
1,5	55...100	11	64... 95 أو	30	258...465
2,2	67...122		153...278	40	140...212
3	79...142	15	77...116 أو	50	160...240
4	92...166		182...325	64	186...280
5,5	108...196	22	97...144 أو	90	215...318
7,5	51... 75 أو		220...395	100	242...360

شروط بدء الدوران للمحركات

	حمل خفيف	حمل إسمي	حمل ثقيل
أمثلة	أ) محرك بمفتاح توصيل نجمة / دلتا ب) محرك بعضو دوّار ذي حلقات انزلاق مع بادئ تشغيل	محرك بعضو دوار قفصي، توصيل بدء مباشر وتشغيل بسيط لعكس اتجاه الدوران (يفصل بعد بلوغ السرعة العالية)	تشغيل دقيق المراحل يتم عكس اتجاه الدوران بصعوبة (يفصل قبل بلوغ السرعة العالية)
منحنى التيار ومنحنى سرعة الدوران	أ) I_{St} n I_{Br} ب) I_{St} n I_{Br}	I_{St} n I_{Br}	I_{St} n I_{Br}
	تيار الوصل : التيار الإسمي × $I_{st}=2$ تيار الفصل : التيار الإسمي × $I_{Br}=1$	تيار الوصل : التيار الإسمي × $I_{st}=6$ تيار الفصل : التيار الإسمي × $I_{Br}=1$	تيار الوصل : التيار الإسمي × $I_{st}=6$ تيار الفصل : التيار الإسمي × $I_{Br}=6$

الحد الأدنى لعزم الإنقلاب لمدة 15 s		الحد الأدنى لعزم الدوران البادئ لمحركة	طبقا لتعليمات VDE 0530
محركات التيار المستمر	$1,5\ M_N$	المحركات الحثية حتى 50 kW	$0,5\ M_{st}$، ولا تقل عن $0,5\ M_N$
المحركات الحثية	$1,6\ M_N$	المحركات الحثية أكبر أو تساوي 50 kW	$0,5\ M_{st}$، ولا تقل عن $0,3\ M_N$
الأنواع الخاصة	$1,5\ M_N$	محركات بأقطاب تبديل $0,3\ M_N$	
المحركات التزامنية	$1,5\ M_N$	محركات التيار أحادي الطور $0,3\ M_N$	

عزوم الدوران الإسمية (Nm) للمحركات لكل 1 kW

عدد الدورات في الدقيقة (r.p.m.)	100	200	300	400	500	600	750	1000	1200	1500	2000	3000
القدرة الإسمية 1 kW	96	48	32	24	19	16	13	9,6	7,8	6,4	4,8	3,25

*) التردد القياسي في المملكة العربية السعودية 60 Hz

جهد الاختبار لملفات الأجهزة الكهربائية

طبقا لتعليمات VDE 0530

نوع الملف		جهد الاختبار
المكنات الدوارة :	$U_N < 100$ V ; $P_N < 1$ kW ($S < 1$ kVA);	$2 \times U$ [1] $+ 500$
	$U_N < 100$ V ; $P_N > 1$ kW ($S > 1$ kVA);	$2 \times U + 1000$ (ولـكن 1500 على الأقل)
	2000 V $< U_N \leqq 6000$ V ; $P_N \geqq 10$ MW ($S \geqq 10$ MVA);	$2{,}5 \times U$
	6000 V $< U_N \leqq 17000$ V	$2 \times U + 3\,000$ V
	17000 V $< U_N$	باتفاق خاص
ملف مجال ذو استثارة خارجية لمكنات التيار المستمر		$2 \times U + 1000$ (ولـكن 1500 على الأقل)
ملف العضو الدوّار ذو حلقات انزلاق (يمكن عكس اتجاه الدوران في حالة السكون فقط) .		$2 \times U + 1000$
كالسابق ، إلا أنه يمكن عكس المجال الدوّار أثناء الدوران .		$4 \times U + 1000$
ملفات المجال للمكنات المتزامنة		$10 \times U$ (ولـكن 1500 على الأقل و 3,5 kV على الأكثر) .

مقاسـات الفرش لأقطاب توحيد التيار وحلقات الانزلاق

طبقا للمواصفات DIN 42900

مساحة المقطع ▭ (cm^2)

الطول بوحدة (mm)	العرض b (mm): 3	4	5	6,4	8	10	12,5	16	20	25	32	40	50
	لأعضاء التوحيد (المبدلات)				لحلقات الانزلاق								
4	0,12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	0,15	0,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,4	–	0,265	0,32	–	0,512	0,64	0,8	1,02	–	–	–	–	–
8	–	–	0,4	0,512	–	0,8	–	1,28	1,6	2	–	–	–
10	–	–	0,5	0,64	0,8	–	1,25	1,6	2	2,5	–	–	–
12,5	–	–	–	0,8	1	1,25	–	2	2,5	3,2	4	5	–
16	–	–	0,8	1,02	1,28	1,6	2	–	3,2	4	5,12	6,4	–
20	–	–	1	1,28	1,6	2	2,5	3,2	–	5	6,4	8	–
25	–	–	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	–	8	10	12,5
32	–	–	1,6	2	2,56	3,2	4	5,12	6,4	8	–	12,8	–
40	–	–	2	2,56	3,2	4	5	6,4	8	–	–	–	–
50	–	–	2,5	3,2	4	5	6,25	–	–	–	–	–	–

جدائل النحاس للفرش

طبقا للمواصفات DIN 46438

القطر بوحدة (mm)	0,7	1	1,5	1,9	2,4	3,1	4	5
المساحة mm^2 □	0,25	0,5	1	1,5	2,5	4	6	10

كثافة التيار : حتى $8{,}5$ A/mm^2
يكون قطر السلك المفرد 0,05 وذلك حتى مساحة مقطع $1\ mm^2$ ، وابتداء من مساحة مقطع $1{,}5\ mm^2$ يكون القطر 0,07

طرف العمود للمكنات الكهربائية

طبقا للمواصفات DIN 42946

خابور متوازي DIN 6885

القطر بوحدة (mm)	مجال التفاوت المسموح به DIN 748	l mm	عزم الدوران الإسمي المسموح به في حالة التشغيل المتواصل kpm	Nm	مساحة المقطع : b×h
14	k 6	30	0,29	2,8	5x5
16		40	0,46	4,5	5x5
19		40	0,85	8,3	6x6
22		50	1,4	14	6x6
24		50	1,9	18,6	8x7
28		60	3,2	31,5	8x7
32		80	5,1	50	10x8
38		80	9,5	93	10x8
42		110	13	125	12x8
48	m 6	110	21	206	14x9
55		110	35	340	16x10
60		140	46	450	18x11
65		140	62	600	18x11
75		140	102	1000	20x12
85		160	160	1570	22x14

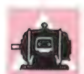
ارتفاع المحور للمكنات الـكهربائية بوحدة (mm)

طبقا للمواصفات DIN 747

المتوالية 4 h (mm)			
50	100	236	475
53	112	250	500
56	125	265	530
60	140	280	560
63	150	300	600
67	160	315	630
71	170	325	670
75	180	355	710
80	190	375	750
85	200	400	800
90	212	425	850
95	225	450	900

وإلى جانب هذه المتوالية توجد المتواليات 1 و 2 و 3 التي تتكون من قيم مختارة من المتوالية 4 .

[1] U = جهد التشغيل بوحدة(V). الطريقة : يمكن بدء التشغيل بمفتاح كهربائي مباشر حتى 50% من قيمة جهد الاختبار ، ويتم زيادة الجهد الباقي بصورة متواصلة خلال 10 s على الأقل . وتكون مدة الاختبار دقيقة واحدة بجهد الاختبار .



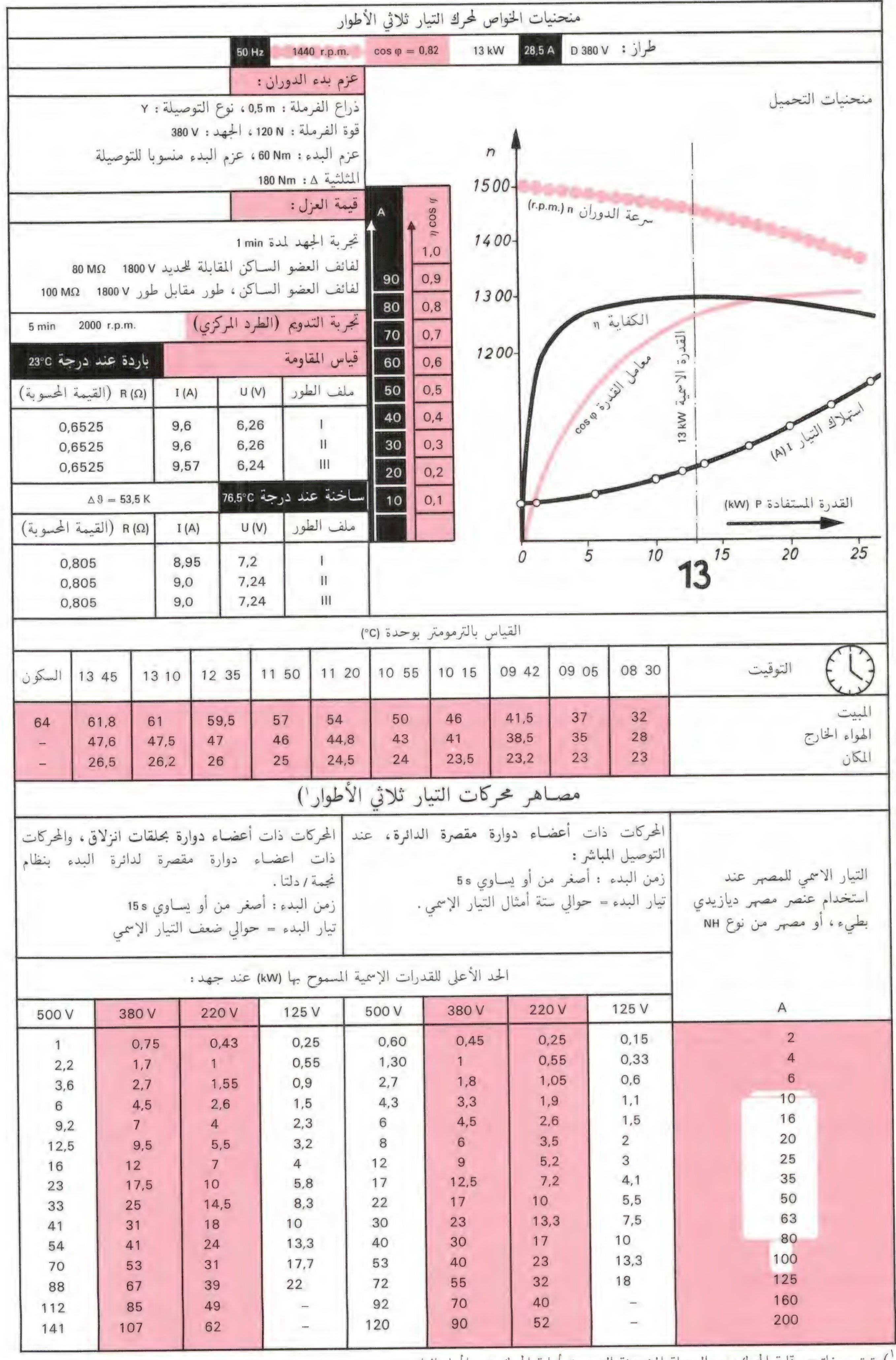
أساليب تشغيل المكنات الكهربائية

طبقا لتعليمات VDE 0530

رمز أسلوب التشغيل	منحنيات القدرة منحنيات الحرارة	توضيحات	قيم قياسية الملاحظات المدونة على لوحة القدرة	أمثلة للإستخدام
تشغيل مستمر S 1		تعمل المكنة بالقدرة الإسمية حتى بلوغ حالة الاستقرار الحراري .	– لاتوجد	محرك نول النسيج ، محرك الضاغط
تشغيل لفترة قصيرة S 2	ϑ_c = درجة حرارة وسيط (سائل) التبريد	يتكرر التشغيل بالقدرة الإسمية لفترات قصيرة تليها حالة السكون بالتبادل . ولا يتم بلوغ حالة الإتزان . وتستمر فترة التوقف لحين التبريد إلى درجة حرارة وسيط التبريد .	قيم موصى بها : 10 min, 30 min, 60 min, 90 min مثال ذلك : S 2 – 30 min	محركات المكابس وآلات التقطيع ومحركات مضخات المياه المنزلية
تشغيل متناوب دون تأثير بدء الدوران على درجة الحرارة S 3		مثل حالة التشغيل S 2 إلا أن فترة التوقف لا تكفي للتبريد إلى درجة حرارة وسيط التبريد . فترة الدورة : t_c = 10 min عند عدم تحديد قيمة أخرى لذلك . $t_c = t_L + t_s$ t_L = زمن التحميل t_s = زمن السكون	OF* = 15%, 25% 40% , 60% مثال ذلك : S 3 – 25%	محرك المصعد محرك المرفاع (الونش)
تشغيل متناوب مع تأثير بدء الدوران على درجة الحرارة S 4		مثل حالة التشغيل S 3 ، إلا أنه يتم بقدرة بدء أكبر $t_c = t_{st} + t_L + t_s$ (10 min عند عدم تحديد قيمة أخرى) . c/h = عدد دورات التحميل في الساعة .	OF* = 15%, 25% 40% , 60% مثال ذلك : S 4 – 25 % – 120 c/h – F I 2**	
تشغيل متناوب مع تأثير بدء الدوران والفرملة على درجة الحرارة S 5		مثل حالة التشغيل S4 ، إلا أن الفرملة تتم بقدرة فرملية إضافية (فرملة كهربائية تعمل بواسطة تيار عكسي مثلا) $t_c = t_{st} + t_L + t_{Br} + t_s$ (10 min عند عدم تحديد قيمة أخرى لذلك) . t_{Br} = زمن الفرملة .	OF* = 15%, 25% 40% , 60% مثال ذلك : S 5 – 25% – 150 c/h – F I 4**	محركات الوصل والفصل
تشغيل مستمر بتحميل متقطع S 6		تتكرر حالتا اللاحمل والتحميل بالقدرة الإسمية بالتبادل . إلا أن فترة التوقف t_o لا تكفي للتبريد إلى درجة حرارة وسيط التبريد $t_c = t_L + t_o$ (10 min عند عدم تحديد قيمة أخرى) t_o = زمن اللاحمل .	OF* = 15%, 25% 40% , 60% مثال ذلك : S 6 – 20 min – 40%	محركات المكابس وآلات التخريم
تشغيل غير متقطع مع بدء الدوران وفرملة S 7		يتكرر كل من التحميل بالقدرة الإسمية والفرملة (كهربائيا) ثم بدء الدوران بالتبادل دون انقطاع ولا توجد حالة سكون أو حمل . $t_c = t_{st} + t_L + t_{Br}$.	– مثال ذلك : S 7 – 500 c/h – F I 2**	محركات التحكم والتنظيم
تشغيل غير متقطع مع تبديل للأقطاب S 8		يتكرر التحميل بصفة دورية عند سرعات دوران مختلفة ، وتقع بينها أزمنة بدء دوران وفرملة $t_c = t_{L1} + t_{st} + t_{L2} + t_{Br}$.	– مثال ذلك : S 8 – 30 c/h – F I 30** – 25 kW – 740 r.p.m. – 40%	المحركات ذات أقطاب قابلة للتبديل

OF* = معامل التشغيل (زمن التشغيل النسبي) = النسبة بين زمن التحميل وزمن التشغيل

FI** = معامل القصور الذاتي = نسبة مجموع الكتل الدوارة في ترتيبة الادارة الى كتلة العضو الدوار للمحرك (التي لا يجوز تعدّيها)



منحنيات الخواص لمحرك التيار ثلاثي الأطوار

طراز : D 380 V	28,5 A	13 kW	cos φ = 0,82	1440 r.p.m.	50 Hz

عزم بدء الدوران :

ذراع الفرملة : 0,5 m ، نوع التوصيلة : Y
قوة الفرملة : 120 N ، الجهد : 380 V
عزم البدء : 60 Nm ، عزم البدء منسوبا للتوصيلة المثلثية Δ : 180 Nm

قيمة العزل :

تجربة الجهد لمدة 1 min
لفائف العضو الساكن المقابلة للحديد 1800 V 80 MΩ
لفائف العضو الساكن ، طور مقابل طور 1800 V 100 MΩ

تجربة التدويم (الطرد المركزي) 2000 r.p.m. 5 min

قياس المقاومة — باردة عند درجة 23°C

ملف الطور	U (V)	I (A)	R (Ω) (القيمة المحسوبة)
I	6,26	9,6	0,6525
II	6,26	9,6	0,6525
III	6,24	9,57	0,6525

ساخنة عند درجة 76,5°C — Δϑ = 53,5 K

ملف الطور	U (V)	I (A)	R (Ω) (القيمة المحسوبة)
I	7,2	8,95	0,805
II	7,24	9,0	0,805
III	7,24	9,0	0,805

منحنيات التحميل

القياس بالترمومتر بوحدة (°C)

التوقيت	08 30	09 05	09 42	10 15	10 55	11 20	11 50	12 35	13 10	13 45	السكون
المبيت	32	37	41,5	46	50	54	57	59,5	61	61,8	64
الهواء الخارج	28	35	38,5	41	43	44,8	46	47	47,5	47,6	–
المكان	23	23	23,2	23,5	24	24,5	25	26	26,2	26,5	–

مصاهر محركات التيار ثلاثي الأطوار[1]

التيار الاسمي للمصهر عند استخدام عنصر مصهر ديازيدي بطيء ، أو مصهر من نوع NH	المحركات ذات أعضاء دوارة مقصرة الدائرة ، عند التوصيل المباشر : زمن البدء : أصغر من أو يساوي 5 s ، تيار البدء = حوالي ستة أمثال التيار الإسمي .				المحركات ذات أعضاء دوارة بحلقات انزلاق ، والمحركات ذات اعضاء دوارة مقصرة لدائرة البدء بنظام نجمة / دلتا . زمن البدء : أصغر من أو يساوي 15 s ، تيار البدء = حوالي ضعف التيار الإسمي			
	الحد الأعلى للقدرات الإسمية المسموح بها (kW) عند جهد :							
A	125 V	220 V	380 V	500 V	125 V	220 V	380 V	500 V
2	0,15	0,25	0,45	0,60	0,25	0,43	0,75	1
4	0,33	0,55	1	1,30	0,55	1	1,7	2,2
6	0,6	1,05	1,8	2,7	0,9	1,55	2,7	3,6
10	1,1	1,9	3,3	4,3	1,5	2,6	4,5	6
16	1,5	2,6	4,5	6	2,3	4	7	9,2
20	2	3,5	6	8	3,2	5,5	9,5	12,5
25	3	5,2	9	12	4	7	12	16
35	4,1	7,2	12,5	17	5,8	10	17,5	23
50	5,5	10	17	22	8,3	14,5	25	33
63	7,5	13,3	23	30	10	18	31	41
80	10	17	30	40	13,3	24	41	54
100	13,3	23	40	53	17,7	31	53	70
125	18	32	55	72	22	39	67	88
160	–	40	70	92	–	49	85	112
200	–	52	90	120	–	62	107	141

[1] تعتبر مفاتيح وقاية المحرك هي الوسيلة المضمونة الوحيدة لحماية المحرك ضد الحمل الزائد .

الفقد في المكنات الكهربائية

طبقا لتعليمات VDE 0530

المفقودات عند التحميل		المفقودات في حالة دوران اللاحمل
المفقودات في حالة الحمل	**المفقودات في حالة الاستثارة**	**المفقودات في حالة دوران اللاحمل**
الفقد الحراري للتيار في ملفات عضو الإنتاج وملفات التوالي ، وكذلك فقد التلامس في الفرش الناقلة للتيار وأنواع الفقد الأخرى .	المفقودات الحرارية للتيار في دوائر التوازي للاستثارة ودوائر الإثارة الخارجية وكذلك فقد التلامس في حلقات الاستثارة الانزلاقية .	المفقودات في الحديد فقد الاحتكاك (المفقودات بسبب الاحتكاك الناجم عن التهوية والحامل والفرش)

المنحنيات الخصائصية للمفقودات في محرك 13 kW/380 V

أنواع الفقد في حالة اللاحمل :

L_{cu1} = الفقد في العضو الساكن

L_{cu2} = الفقد في العضو الدوار

L_{ad} = أنواع الفقد الأخرى (حوالي Pi 0,5%)

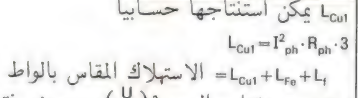
L_f = الفقد بالاحتكاك = 80 W (قيمة ثابتة)

L_{Fe} = الفقد في الحديد = 450 W (قيمة ثابتة)

المفقودات في حالة الحمل :

L_{Cu1} يمكن استنتاجها حسابيا

$L_{Cu1} = I^2_{ph} \cdot R_{ph} \cdot 3$



$L_{Cu1} + L_{Fe} + L_f$ = الاستهلاك المقاس بالواط

يستخدم مقياس الرسم $\left(\frac{U}{100}\right)^2$ ، حيث ينتج عن ذلك منحنى بامتداد كبير

المفقودات في حالة اللاحمل

$P_0 = \sum L_{Cu1} + L_{Fe} + L_F$

Watt

$L_{Fe} + L_f$

الجهد الاسمي

$\left(\frac{U}{100}\right)^2$

المفقودات بالاحتكاك والحديد تنتج عن قياسات اللاحمل

المفقودات بوحدة (W)

$\sum L$

L_{Cu2} , L_{Cu1} , L_{ad} , L_{Fe} , L_f

kW

P_i

درجات الحرارة الحدية الزائدة للمكنات الكهربائية بوحدة (°C)[1]

طبقا لتعليمات VDE 0530

	H	F	B	E	A	لفائف مزودة بعزل طبقا لرتب المواد العازلة	الرقم
مقاسة طبقا لطريقة المقاومة الكهربائية *	125	100	80	75	60	لفائف معزولة مقصرة الدائرة بصورة مستديمة .	١ –
	125	100	80	75	60	لفائف مجال متعددة الطبقات (لفائف رئيسية ولفائف معادلة)	٢ –
	135	110	90	80	65	لفائف حرة من طبقة واحدة بأسطح عارية	٣ –
	125	110	90	80	65	لفائف مجال للعضو الدوار ذي الأقطاب الكاملة مع استثارة بتيار مستمر	٤ –
	125	100	80	70	60	أ – لفائف عضو الإنتاج لمكنات التيار المستمر والتيار المتردد . ب – لفائف مجال لمكنات التيار المستمر والتيار المتردد مع استثارة بتيار مستمر باستثناء اللفائف المذكورة في (٢) و (٤) .	٥ –
مقاسة بترمومتر	125	100	80	75	60	القلوب الحديدية وأجزاء أخرى ذات لفائف	٦ –
	80	80	80	70	60	مبدلات التيار والحلقات الانزلاقية	٧ –

المحامل الانزلاقية والتدحرجية : 50°C ، والمحامل التدحرجية المزلقة بشحم خاص 60°C .

ϑ_a = درجة حرارة الهواء في نهاية الاختبار ، R_1 = مقاومة اللفيفة الباردة ، ϑ_1 = درجة حرارة اللفيفة البادرة ، ϑ_2 = درجة حرارة اللفيفة الساخنة ، R_2 = مقاومة اللفيفة الساخنة

$*\vartheta_2 - \vartheta_a = \vartheta_{over} = \frac{R_2 - R_1}{R_1}(235°C + \vartheta_1) + (\vartheta_1 - \vartheta_a)$

رتب قدرة تحمل المواد العازلة لدرجات الحرارة والحد الأقصى لدرجات الحرارة المستديمة المسموح بها (°C)

C	H	F	B	E	A (A_o تحت الزيت)	Y
>180°C >225°C	180°C	155°C	130°C	120°C	105°C (120°C)	90°C
الميكا والصيني ، وغيره من المواد الخزفية والزجاج والكوارتز بمواد رابطة غير عضوية أو بدونها	ألياف زجاجية وأسبستوس براتنج سليكوني (أسبستوس رقائقي أيضا) وألياف ورقائق البولي أميد وكاوتشوك سليكوني من البولي ترافلور إثيلين .	ألياف زجاجية وأسبستوس والأسبستوس المعالج باللك ورقائق الميكا وألياف بولي أميدية والمواد اللاصقة : راتنجات الألكيد والإيبوكسيد والبوليستير أو راتنجات بولي يوريثانية أو من الألكيد السليكوني ولكات الأسلاك (بأساس من البوليستر الأميدي أو البوليمونوتر يفلور إثيلين الأميدي .	ألياف زجاجية وأسبستوس (أو الأسبستوس المعالج باللك أيضا) ومنتجات الميكا المخلوطة بالشيلاك أو الأسفلت أو المواد اللاصقة أو لكات الراتنجي الاصطناعي ورقائق بوليكربونات الترفتالات أو بولي إثيلين الترفتالات ، وكذلك الأنسجة أو أصواف الخراف .	لكات الأسلاك بأسس من راتنجات خلات البوليفنيل أو راتنجات إيبوكسيد البولي يوريثان ، أو راتنجات بوليسترية ورقائق خلات السليولوز أو بوليكربونات الأسيتوبوتيرات والمواد الرقائقية القطنية والورقية	مواد عازلة مثل نوع Y إلا أنها مطلية باللك أو مشربة بلك أسفلتي وراتنجات اصطناعية أو طبيعية (الشيلاك والكوبال) . وزيت عازل وسوائل عازلة اصطناعية وراتنجات بوليسترية وراتنجات أسيتات السليولوز وزيت اللك الاصطناعي وخلات القلفونية .	قطن غير مشرب وحرير طبيعي وصوف سليولوزي وحرير اصطناعي وألياف بولي أميدية وورق وبرسبان وفبر مفلكن وخشب والراتنجات الصناعية للأنيلين والبولينا والفورمالدهيد والقلفونية الاصطناعية
أنسجة الألياف الزجاجية والأسبستوس المعالج والأسبستوس ومنتجات الميكا وجميع البولي ترافلور إثيلينات مع راتنجات سليكونية	لكات الأسلاك بأساس بولي أميدي خالص .			خلات الإيثيلين والفينيل	إيلاستوميرات (بوليكوروبرن وبوتادين - نتريت الأكريل)	المطاط الطبيعي المفلكن والبولي أكريلات والبولي إثيلين والبوليستيرول وكلوريد البوليفنيل (PVC)

[1] لدرجة حرارة ابتدائية ϑ_1=40°C وللمواد العازلة من نوع Y ϑ_1=25°C

بوادئ التشغيل

طبقا لتعليمات VDE 0650

التيار المستمر : بوادئ التشغيل القرصية والأسطوانية لبدء دوران بالحمل الكامل ، ذات تبريد هوائي أو زيتي ، للجهود : 110 V و 220 V و 440 V .

I	=	التيار الإسمي
I_1	=	تيار التشغيل
I_2	=	تيار البدء الذروي
I_{st}	=	تيار البدء
I_m	=	تيار البدء المتوسط = $\sqrt{I_1 \cdot I_2}$
P_N	=	القدرة الإسمية للمحرك
P_i	=	القدرة المعطاة للمحرك
P_m	=	متوسط القدرة المعطاة لبدء الدوران بالحمل الكامل
t	=	زمن البدء
	=	أقل عدد لمراحل (درجات) البدء
n_{pre}	=	أقل عدد للمراحل (للدرجات) الأولية للبدء

P حتى (kW)	P_i (kW)	الختم الموجود على بادئ التشغيل: بالهواء	بالزيت	P_m (kW)	t (s)	n_{st}	n_{pre}	$I_2 : I$	$I_1 : I$	$I_2 : I_1$
1,5	2	GA. 1,5		2,6	6	4	–	1,53	1,11	1,38
2,2	2,8	GA. 2,2		3,6	7	4	–	1,53	1,11	1,38
3,1	4	GA. 3,1	GO .3,1	5,2	7	4	–	1,53	1,11	1,38
4,4	5,7	GA. 4,4		7,4	8	6	1	1,47	1,14	1,29
6,2	7,8	GA. 6,2	GO .6,2	10,1	9	6	1	1,47	1,14	1,29
8,8	10,9	GA. 8,8		14,2	10	7	1	1,47	1,14	1,28
12,5	15,1	GA. 12,5	GO .12,5	19,6	11	7	1	1,47	1,14	1,28
17,5	21	GA. 17,5		27,3	12	8	2	1,46	1,14	1,28
25	29,5	GA. 25	GO .25	38,4	14	8	2	1,46	1,14	1,28
35	40,7	GA. 35		53	16	6	3	1,45	1,15	1,26
50	57	GA. 50	GO .50	74	18	6	3	1,45	1,15	1,26

التيار ثلاثي الأطوار : بوادئ التشغيل العادية للأعضاء الدوّارة للبدء بالحمل الكامل مع تبريد بالهواء أو بالزيت ، بمسارات قرصية أو اسطوانية .

								$I_2 : I$	العضو الساكن $I_1 : I$	العضو الساكن $I_2 : I_1$	العضو الدوار $I_{A2} : I_A$	العضو الدوار $I_{A2} : A$	$I_{A2} : I_{A1}$
1,5	1,95	DL. 1,5		2,6	6	3 x 2	–	1,47	1,01	1,47	1,84	1,02	1,8
2,2	2,8	DL. 2,2		3,6	7	3 x 2	–	1,49	1,02	1,49	1,84	1,02	1,8
3,1	3,9	DL. 3,1	DOe. 3,1	5,2	7	3 x 2	–	1,52	1,02	1,52	1,84	1,02	1,8
4,4	5,4	DL. 4,4		7,4	8	3 x 3	3 x 1	1,43	1,03	1	1,66	1,04	1,6
6,2	7,4	DL. 6,2	DOe. 6,2	10,1	9	3 x 3	3 x 1	1,45	1,03	1	1,66	1,04	1,6
8,8	10,5	DL. 8,8		14,2	10	3 x 4	3 x 1	1,43	1,04	0,9	1,62	1,06	1,53
12,5	14,9	DL. 12,5	DOe. 12,5	19,6	11	3 x 4	3 x 1	1,43	1,04	0,9	1,62	1,06	1,53
17,5	20,4	DL. 17,5		27,3	12	3 x 5	3 x 1	1,40	1,06	0,8	1,58	1,08	1,46
25	29	DL. 25	DOe. 25	38,4	14	3 x 5	3 x 1	1,41	1,06	0,8	1,58	1,08	1,46
35	40	DL. 35		53	16	3 x 6	3 x 2	1,41	1,09	0,7	1,56	1,12	1,39
50	56	DL. 50	DOe. 50	74,1	18	3 x 6	3 x 2	1,42	1,09	0,7	1,56	1,12	1,39

القيم القياسية لدرجة صعوبة البدء *)

$P_m = 1{,}3 \times P_i$, $t = 4 + 2\sqrt{P}$ (P بوحدة kW), $U_A \cdot I_A = \frac{1{,}05 \cdot 1000\ P}{\sqrt{3}} = 606\ P$

U_A = جهد العضو الدوار ، I_A = تيار العضو الدوّار ، I_{A1} = تيار التشغيل في العضو الدوّار ، I_{A2} = تيار البدء الذروي في العضو الدوّار

نوع بادئ التشغيل	بدء h	بدء v	بدء s	*) صعوبة البدء = $\frac{I_m}{I} = \frac{U \cdot I_m}{U \cdot I}$
بوادئ تشغيل قرصية أو اسطوانية المسارات	0,65	1,3	1,7	h = بدء بنصف حمل
بوادئ تشغيل ذوات سوائل وبوادئ تشغيل ذوات مجار تدحرجية	0,75	1,5	2,0	v = بدء بحمل كامل
				s = بدء بحمل زائد

منظم سرعة الدوران ومجالات التنظيم عند ثبات عزم الدوران أو ثبات القدرة

طبقا لتعليمات VDE 0650

خفض سرعة الدوران (بادئ تشغيل توال / تواز لتنظيم التيار)			زيادة سرعة الدوران (منظم المجال لسرعة الدوران)				خفض وزيادة سرعة الدوران (بادئ تشغيل لتنظيم التيار وبادئ تشغيل لتنظيم المجال)	
−25%	−50%	−75%	+15%	+50%	+100%	+200%	+ 50% ... −25%	+15% ... −25%
مجال التنظيم : هو مجال سرعة الدوران ابتداء من سرعة الدوران الأساسية حتى أعلى أو أدنى سرعة دوران حدّية .							+100% ... −50%	+15% ... −25%
							+200% ... −75%	+15% ... −25%
إذا زاد عزم الدوران بزيادة سرعة الدوران ، تستعمل القيم التالية كمجالات تنظيم عادية لمنظمات التيار الرئيسي ومنظمات المجال :							− 25% −10%	+15% −50%



لفائف عضو الإنتاج لمحركات التيار المستمر

رسم تخطيطي للفيفة أنشوطية ثنائية القطب (لفيفة تواز)

شكل اللف للفيفة أنشوطية رباعية الأقطاب (توصيلة توال)

شكل اللف للفيفة أنشوطية رباعية الأقطاب (توصيلة تواز)

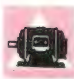
رموز التوصيل للمكنات الكهربائية

طبقا لمواصفات DIN 40715

الرمز المختصر	رمز التوصيل	التسمية وملاحظات
	أو	لفائف العضو الساكن
	رمز اختياري	عضو ساكن بلفيفتين مستقلتين (باستثناء مكنات التيار المستمر ومكنات توحيد (تبديل) التيار المتردد)
	أو (رمز اختياري)	لفيفة معادلة، بنسبة جوانب (أضلاع) 1:2
	أو (رمز اختياري)	لفيفة قطب توحيد بنسبة جوانب (أضلاع) 1:1
		نسبة حجم العضو الدوار إلى العضو الساكن 1:2
		عضو دوار بأقطاب بارزة
		بلفيفتين منفصلتين
M 3~	M	محرك بعضو دوار قفصي، العضو الساكن بتوصيلة نجمة
M 3~	M	كالسابق، إلا أن جميع الملفات ذات أطراف خارجية، لتوصيلات نجمة / دلتا مثلا.
3~ M 2~	M 2~	محرك بعضو دوار ثنائي الطور ذي حلقات إنزلاق. العضو الساكن ذو توصيلة Y.
3~ M	M	محرك بعضو دوار ذي حلقات انزلاق ثلاثي الأطوار، ومقصّر للدائرة، ورافع للفرش بتشغيل يدوي، ومفتاح كهربائي مساعد.
M 3~ 8/4 P	8/4 P M	محرك بأقطاب قابلة للتغيير بتوصيلة دالاندر (Dahlender)
3 4 3 M 3~ 8/4+6P	8/4 P 6 P M	محرك ذو ثلاث سرعات دوران، بأقطاب 8/4 بتوصيلة دالاندر، وملف منفصل سداسي الأقطاب بتوصيلة نجمة (Y)

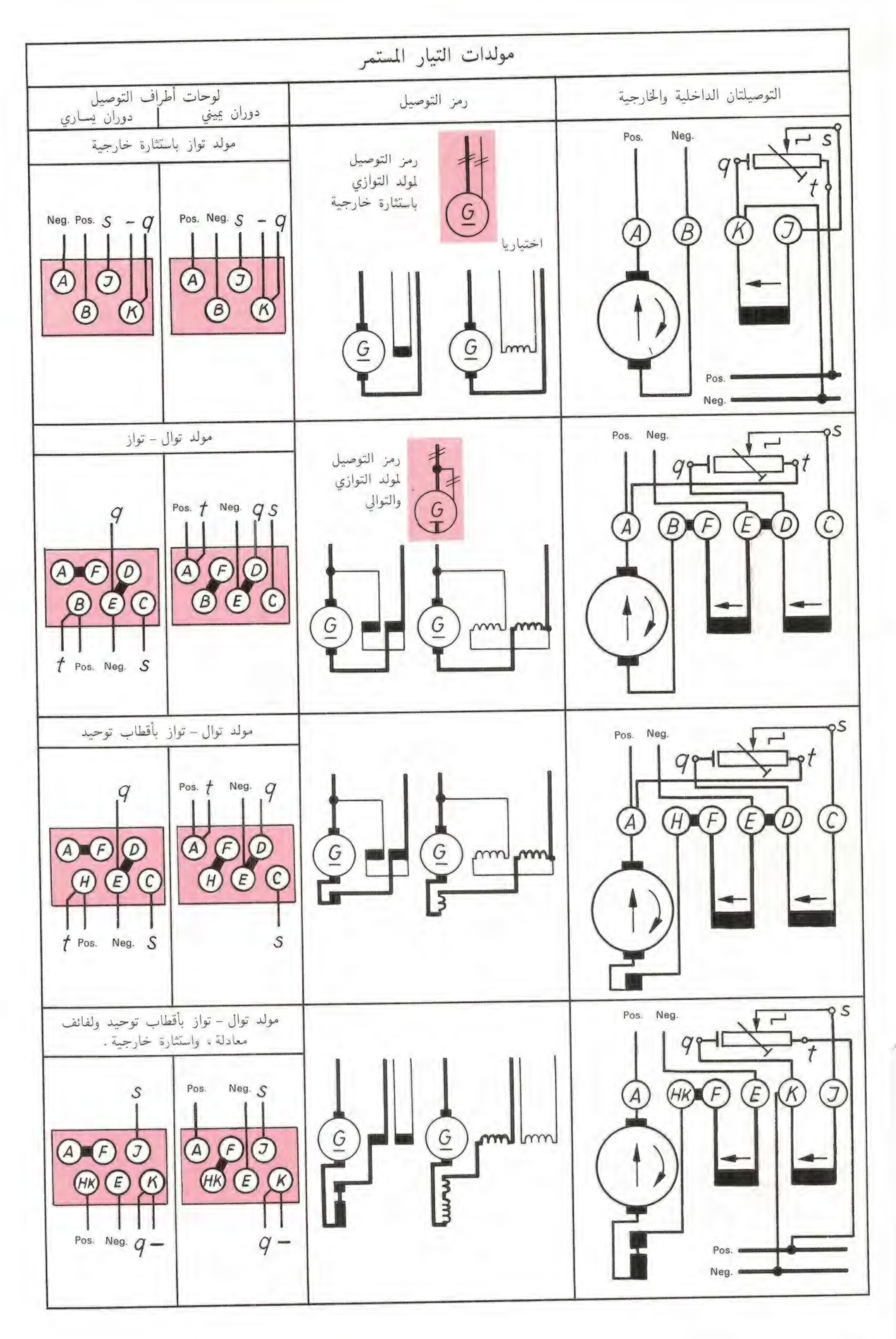
التسمية وملاحظات	الرمز المختصر	رمز التوصيل
أ) ب) ج) د) M G هـ) و) ز) ح) ط) ي) ك) M 3~ M 1~ G 3~ G 1~ ل) م) M G M/G	أ) ب) ج)	أ) عضو دوار بحلقات انزلاق، ذو مقصر للدائرة ورافع للفرش. ب) ، ج) عضو دوار بعاكس للتيار ب) الفرش ثابتة ج) الفرش قابلة للتحريك د) المولدات (بصفة عامة) هـ) مولدات التيار المستمر و) المحركات (بصفة عامة) ز) محركات التيار المستمر ح) مولد أحادي الطور ط) مولد تيار ثلاثي الأطوار ي) محرك أحادي الطور ك) محرك ثلاثي الأطوار (تمثيل عام) ل) مولد محرك م) محول دوّار (محرك مولّد) بعضو إنتاج واحد.

الرمز المختصر	رمز التوصيل	التسمية وملاحظات
M ≈	M	محرك توال كمحرك عام
M 1~	M	محرك توال كمحرك عام محرك تنافري بطقم فرش بسيط. يتم ضبط سرعة الدوران بإزاحة الفرش.
M 3~	M	محرك تواز ثلاثي الأطوار مغذى من خلال العضو الدوار. يتم ضبط سرعة الدوران بإزاحة الفرش
M 1~	أ) M ب) M	أ) محرك بدء حركة أحادي الطور. ب) ببدء حركة ذاتي بلفائف بدء حركة
M 1~	أ) M ب) n M	أ) محرك أحادي الطور بلفيفة مساعدة ومكثف تشغيل ب) كالسابق ولكن بمفتاح طرد مركزي ومكثف بدء
	M	محرك ثلاثي الأطوار بعضو دوار قفصي، أحادي الطور موصل مع مكثف.
G	G − +	مولد تزامني أحادي الطور بأقطاب بارزة وقفص مخمد.
G 1~	G 1~ − +	مولد تزامني أحادي الطور بأقطاب بارزة في العضو الساكن وتخميد مجالي مستعرض (مكنة بأقطاب خارجية).
3~Δ G	G − +	مولد تزامني لتيار ثلاثي الأطوار بأقطاب بارزة (مكنة بأقطاب داخلية).



مولدات التيار المستمر

التوصيلة الداخلية والتوصيلة الخارجية	رمز التوصيل	لوحات أطراف التوصيل: دوران يميني	لوحات أطراف التوصيل: دوران يساري
		مولد تواز	
Pos. Neg. q t s A D B C	رمز التوصيل لمولد التوازي G اختياريا G G	Pos. t Neg. A B D C q s	Neg. Pos. A B D C q t s
		مولد تواز بأقطاب توحيد	
Pos. Neg. q t s A D H C	G G G G	Pos. t Neg. A H D C q s	Neg. Pos. A H D C q t s
		مولد توال	
Pos. Neg. t s A F B E	رمز التوصيل لمولد التوالي G G G	Pos. Neg. A E F B	Neg. Pos. A E F B
		مولد توال بأقطاب توحيد	
Pos. Neg. t s A F H E	G G G G	Pos. Neg. A E F H	Neg. Pos. A E F H

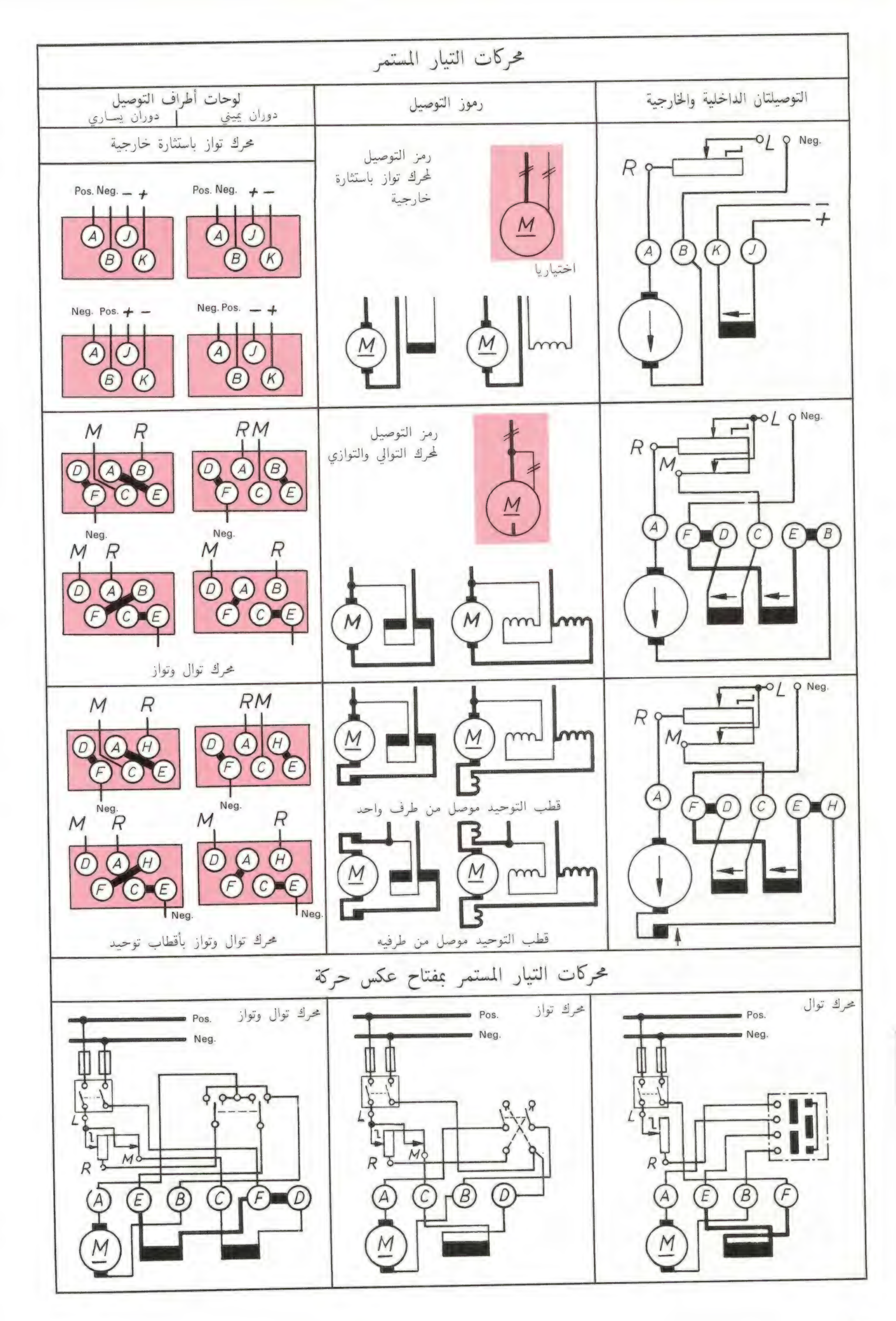


مولدات التيار المستمر
لوحات أطراف التوصيل
دوران يميني
دوران يساري
رمز التوصيل
التوصيلتان الداخلية والخارجية
مولد تواز باستثارة خارجية
رمز التوصيل لمولد التوازي باستثارة خارجية
اختياريا
مولد توال - تواز
رمز التوصيل لمولد التوازي والتوالي
مولد توال - تواز بأقطاب توحيد
مولد توال - تواز بأقطاب توحيد ولفائف معادلة ، واستثارة خارجية .
Pos.
Neg.
A
B
C
D
E
F
H
J
K
HK
G
q
s
t



محركات التيار المستمر

التوصيلتان الداخلية والخارجية	رموز التوصيل	لوحات أطراف التوصيل: دوران يميني	لوحات أطراف التوصيل: دوران يساري
محرك تواز	رمز التوصيل لمحرك التوازي اختياريا		
محرك تواز بأقطاب توحيد	قطب توحيد موصل من طرف واحد قطب توحيد موصل من طرفيه		
محرك توال	رمز التوصيل لمحرك التوالي		
محرك توال بأقطاب توحيد	قطب توحيد موصل من طرف واحد قطب توحيد موصل من طرفيه		



محركات التيار المستمر
لوحات أطراف التوصيل
دوران يميني
دوران يساري
رموز التوصيل
التوصيلتان الداخلية والخارجية
محرك تواز باستثارة خارجية
رمز التوصيل لمحرك تواز باستثارة خارجية
اختياريا
Pos. Neg.
Neg. Pos.
Neg.
رمز التوصيل لمحرك التوالي والتوازي
محرك توال وتواز
قطب التوحيد موصل من طرف واحد
قطب التوحيد موصل من طرفيه
محرك توال وتواز بأقطاب توحيد
محركات التيار المستمر بمفتاح عكس حركة
محرك توال وتواز
محرك تواز
محرك توال
Pos.
Neg.



المحركات ذات تحكم في سرعة الدوران

محرك توالٍ وتوازٍ بتجهيزة ضبط المجال

محرك توازٍ ببادئ تشغيل يتحكم في المجال

محرك توازٍ مع ضابط المجال

دائرة ليونارد :
يتم ضبط سرعة الدوران بتغيير الجهد

محرك الضبط

المولد الرئيسي

مكنة الاستثارة

محرك التشغيل

ضبط سرعة الدوران بالتوصيل في نفس الاتجاه، أو الاتجاه المضاد

المحركات ذات بوادئ تشغيل اسطوانية لاتجاه دوران واحد

محرك توازٍ

محرك توالٍ

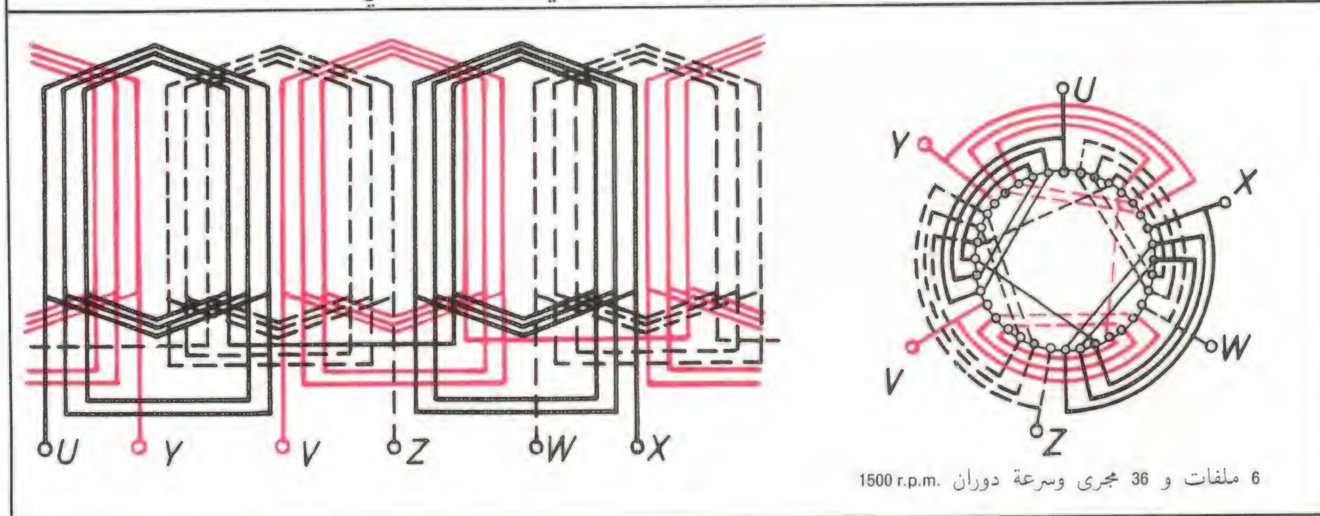
الأشكال الأساسية للفائف العضو الساكن لمحركات التيار ثلاثي الأطوار

كل ملفين على التوالي (ثنائي القطب)

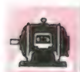
كل ملفين على التوالي (رباعي الأقطاب)

كل ملفين على التوازي (رباعي الأقطاب)

مثال للفيفة العضو الساكن لمحرك التيار ثلاثي الأطوار رباعي الأقطاب



6 ملفات و 36 مجرى وسرعة دوران 1500 r.p.m.



محرك التيار ثلاثي الأطوار بعضو دوار مقصر الدائرة

بدء التشغيل المباشر

220V/50 Hz
16Cu
20A
4Cu
M 3~

تمثيل أحادي القطب

L1 L2 L3
U V W
Z X Y

أسلوب التوصيل للدوران اليساري

التوصيلة الخارجية

توصيلة نجمة

توصيلة دلتا

L1 L2 L3
M 3~

تمثيل لجميع الأقطاب

التوصيل ببادئ التشغيل

3x 380V/50Hz
35Cu
25A
6 Cu
M 3~ 11kW

تمثيل أحادي القطب

L1 L2 L3

بادئ التشغيل الطرفي في العضو الساكن

3x 220V
25Cu
25A
6Cu
M 3~ 5,5kW

تمثيل أحادي القطب

L1 L2 L3
M 3~

بادئ التشغيل الموصل بالعضو الساكن

380/220 V · 3/N 50 Hz
25A
6
M 3~ 7,5kW

تمثيل أحادي القطب

L1 L2 L3
0 A B
L1 U 1 L1 L2 V 1 L2 L3 W 1 L3
M 3~

بمحول بدء التشغيل

3x220V/50Hz
16Cu 4Cu
20A
6
M 3~ 3kW

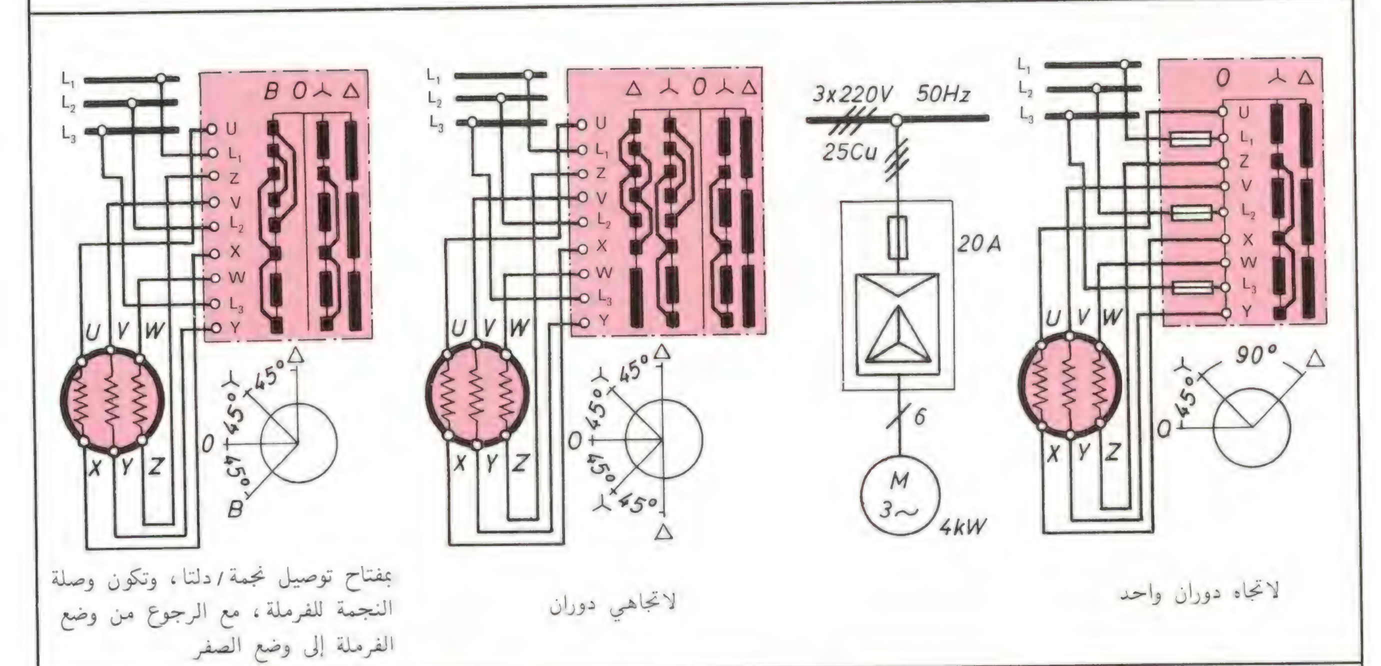
تمثيل أحادي القطب

L1 L2 L3
I 0 II
L1 U L2 V L3 W
M 3~

بمفتاح عاكس

محرك التيار ثلاثي الأطوار بعضو دوار مقصر الدائرة

بدء الدوران بتوصيلة نجمة / دلتا



لاتجاه دوران واحد

لاتجاهي دوران

بمفتاح توصيل نجمة / دلتا، وتكون وصلة النجمة للفرملة، مع الرجوع من وضع الفرملة إلى وضع الصفر

محركات بأقطاب قابلة للتبديل

بمفتاح متدرج نجمة / دلتا ذي أربع مراحل

توصيلة دالاندر (لسرعتي دوران)

بلفيفة عادية ولفيفة دالاندر (لثلاث سرعات دوران)

بلفيفتي دالاندر (لأربع سرعات دوران)

محرك بلفيفتين منفصلتين

بلفيفة دالاندر واحدة لاتجاهي دوران (وسرعتي دوران)



أمثلة لدوائر الوقاية

وقاية بسيطة للتوصيل

L1 L2 L3 N F3 K1 S3 S2 S1

الرسم التخطيطي للتشغيل

دائرة التحكم

L1 F1 F3 S1 S2 S3 K1 N

دائرة التحكم

دائرة الطاقة

L1 L2 L3 F1 K1 F3 U V W M1

دائرة الطاقة

التحكم في الواقي• K1 عبر الواقي المساعد KA1

L1 F1 F3 S1 KA1 S2 KA1 K1 N

الواقي المساعد KA1 يشغل الواقي K1 في حالة تيارات التحكم العالية.

التوصيل الإضافي المتأخر لمحرك ثان. دائرة التحكم بالمحول

L1 L2 L3 U V U V F3 K1 S1 F5 S2 K1 K2 KA1 K2 K1 KA1 K2

توصيل عكس حركة بتحويل مباشر، تشغيل يدوي

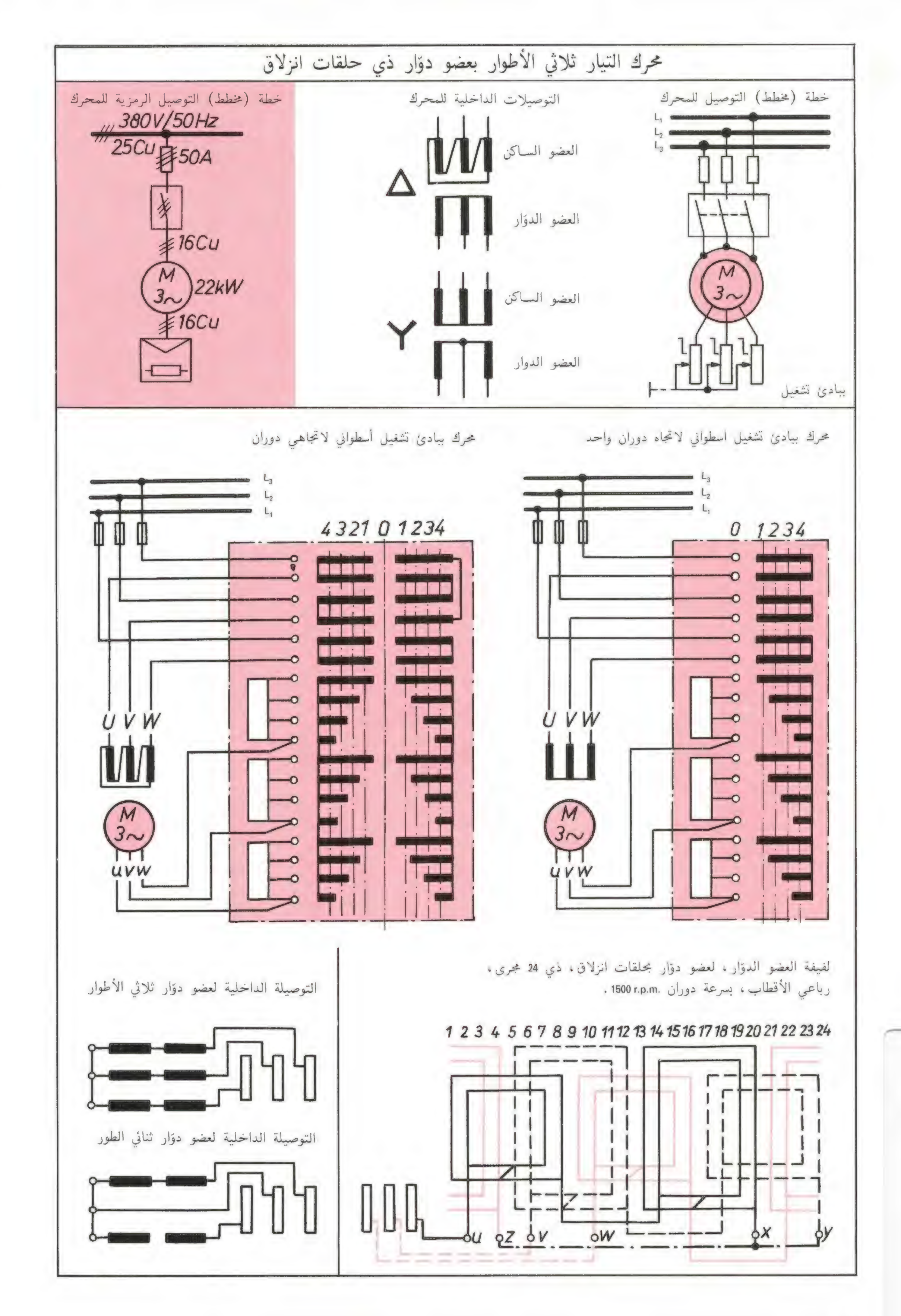
L1 L2 L3 L1 F2 F3 S1 S2 S3 K1 K2 K2 K1 K1 K2 N

توصيلة نجمة / دلتا وتحويل أوتوماتي

L1 L2 L3 الشبكة K1 Δ K2 y K3 u v w z x y

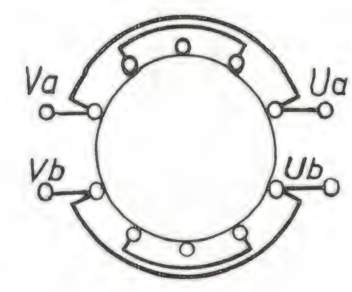
L1 F2 F3 S1 S2 K1 K1 K3 K2 KA1 K2 K3 K2 K3 K2 KA1 K1 N

• الواقي = قاطع تلقائي = مفتاح ملامس

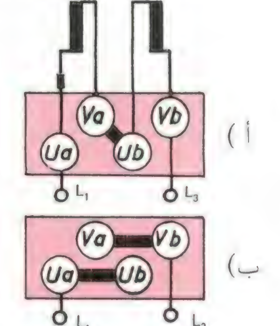


محرك التيار ثلاثي الأطوار بعضو دوّار ذي حلقات انزلاق
خطة (مخطط) التوصيل الرمزية للمحرك
380V/50Hz
25Cu
50A
16Cu
M
3~
22kW
16Cu
التوصيلات الداخلية للمحرك
العضو الساكن
العضو الدوّار
العضو الساكن
العضو الدوار
خطة (مخطط) التوصيل للمحرك
L1
L2
L3
M
3~
بادئ تشغيل
محرك ببادئ تشغيل أسطواني لاتجاهي دوران
L3
L2
L1
4 3 2 1 0 1 2 3 4
U V W
M
3~
u v w
محرك ببادئ تشغيل اسطواني لاتجاه دوران واحد
L3
L2
L1
0 1 2 3 4
U V W
M
3~
u v w
التوصيلة الداخلية لعضو دوّار ثلاثي الأطوار
التوصيلة الداخلية لعضو دوّار ثنائي الطور
لفيفة العضو الدوّار، لعضو دوّار بحلقات انزلاق، ذي 24 مجرى،
رباعي الأقطاب، بسرعة دوران 1500 r.p.m.
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
u
z
v
w
x
y

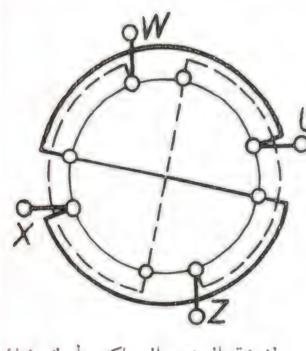
المحركات أحادية الطور



لفيفة العضو الساكن لمحرك بدء ثنائي القطب (رسم تخطيطي) .
(اتجاه الدوران = اتجاه بدء الدوران)



التوصيلتان الداخلية والخارجية
أ) بجهد عال
ب) بجهد منخفض

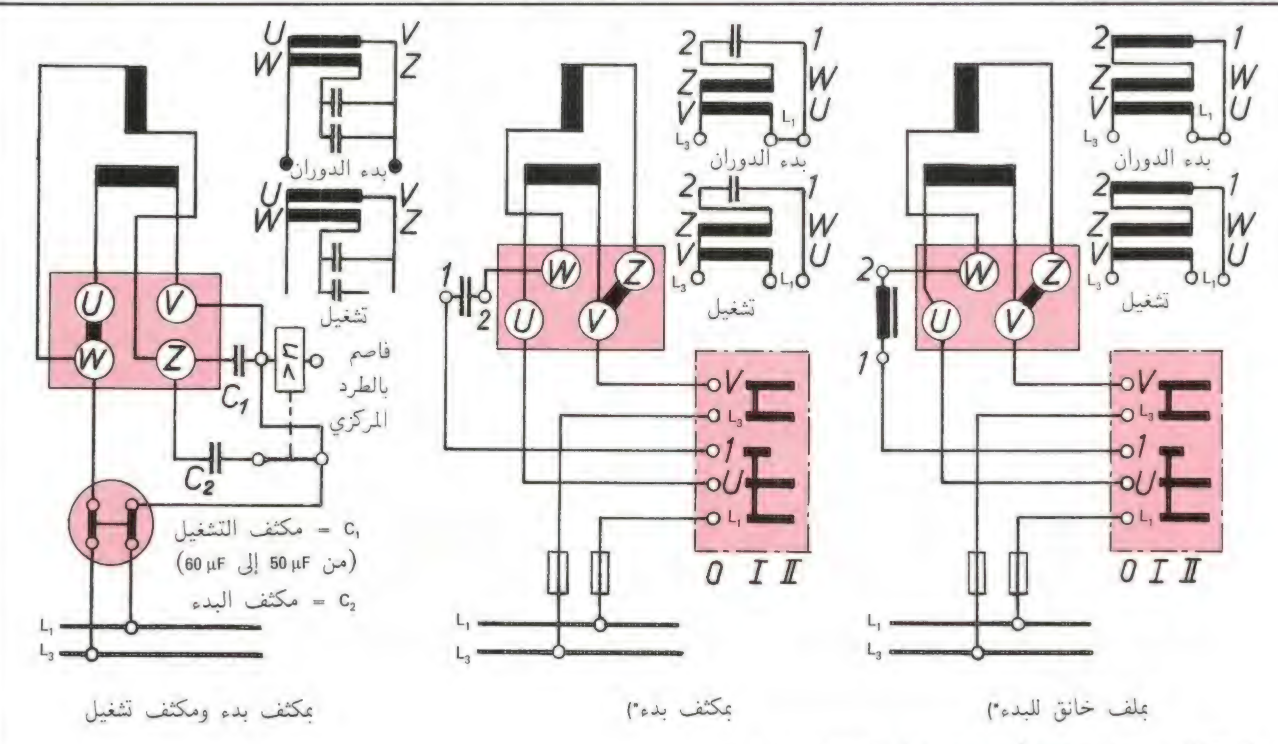


لفيفة العضو الساكن لمحرك ثنائي القطب بلفيفة مساعدة للبدء (رسم تخطيطي)

1~50 Hz 220V
4Cu
16A
1,5Cu
M 1~
1,1 kW

محرك بلفيفة مساعدة وفاصم بالطرد المركزي

محركات ذات لفيفة مساعدة مع وسائل بدء مزيحة للطور

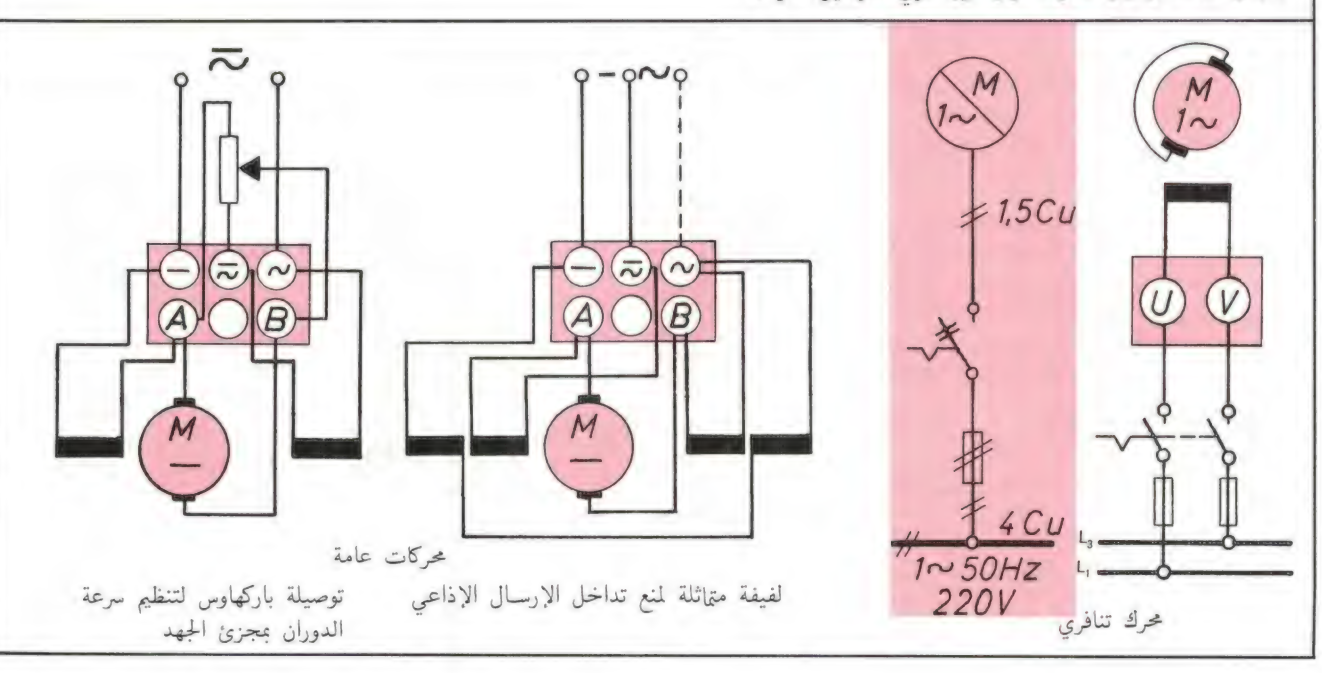


بملف خانق للبدء*)

بمكثف بدء*)

بمكثف بدء ومكثف تشغيل

*) يمكن كذلك توصيل مقاومة أومية بين طرفي التوصيل 1 و 2

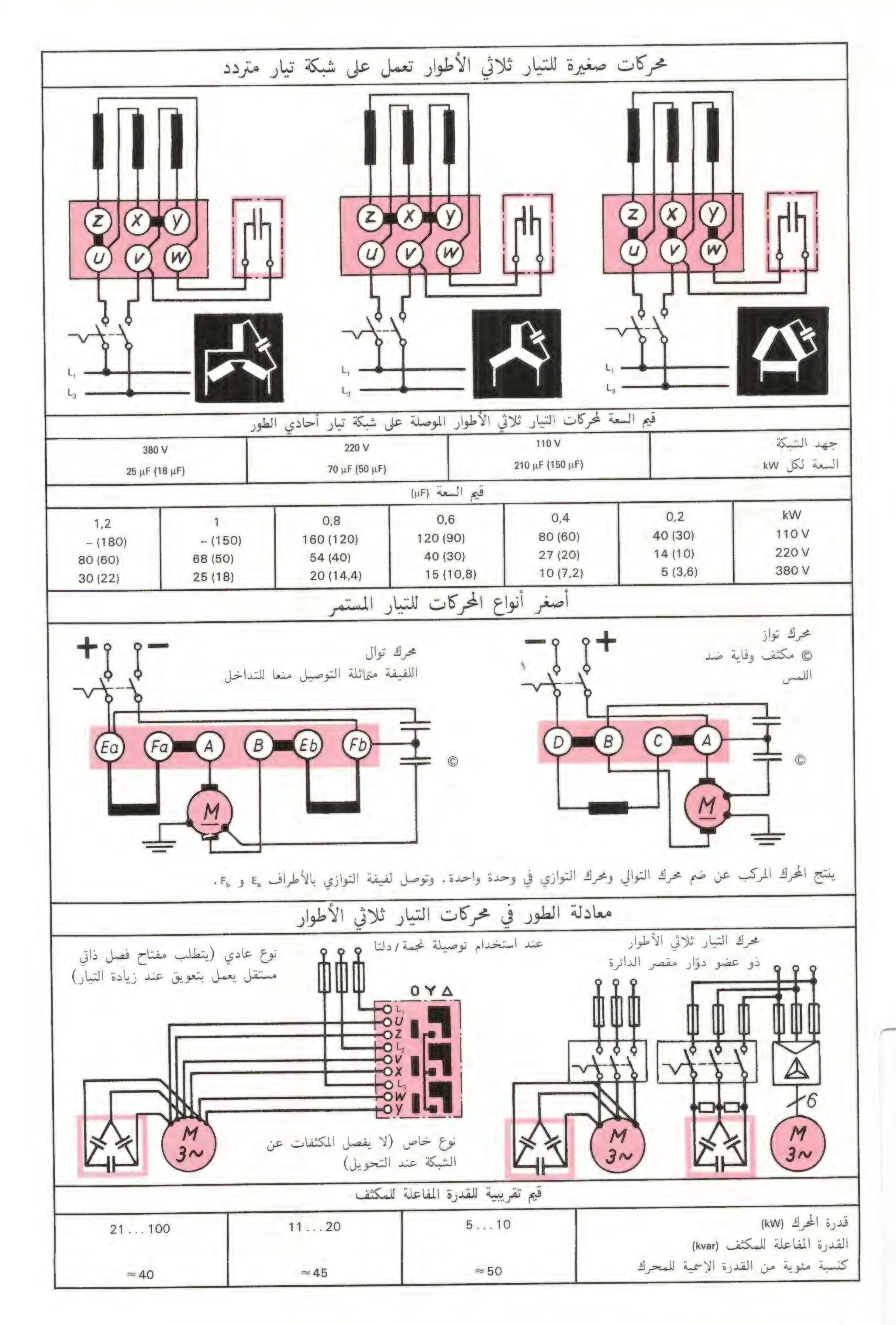


محرك تنافري

محركات عامة

لفيفة متماثلة لمنع تداخل الارسال الاذاعي

توصيلة باركهاوس لتنظيم سرعة الدوران بمجزئ الجهد



محركات صغيرة للتيار ثلاثي الأطوار تعمل على شبكة تيار متردد

قيم السعة لمحركات التيار ثلاثي الأطوار الموصلة على شبكة تيار أحادي الطور

جهد الشبكة السعة لكل kW	110 V 210 µF (150 µF)	220 V 70 µF (50 µF)	380 V 25 µF (18 µF)

قيم السعة (µF)

kW	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2
110 V	40 (30)	80 (60)	120 (90)	160 (120)	– (150)	– (180)
220 V	14 (10)	27 (20)	40 (30)	54 (40)	68 (50)	80 (60)
380 V	5 (3,6)	10 (7,2)	15 (10,8)	20 (14,4)	25 (18)	30 (22)

أصغر أنواع المحركات للتيار المستمر

ينتج المحرك المركب عن ضم محرك التوالي ومحرك التوازي في وحدة واحدة. وتوصل لفيفة التوازي بالأطراف E_a و F_b.

معادلة الطور في محركات التيار ثلاثي الأطوار

قيم تقريبية للقدرة المفاعلة للمكثف

قدرة المحرك (kW) القدرة المفاعلة للمكثف (kvar) كنسبة مئوية من القدرة الاسمية للمحرك	5 . . . 10 ≈ 50	11 . . . 20 ≈ 45	21 . . . 100 ≈ 40

أجهزة التشغيل (المفاتيح) الكهربائية

تستخدم المفاتيح الكهربائية لتشغيل وإيقاف تشغيل الأجهزة الكهربائية أو أجزاء منها. وتصنف أجهزة التشغيل على النحو التالي:

طريقة التشغيل	غرض الاستخدام	قابلية التوصيل	أسلوب إخماد القوس الكهربائي
تشغيل باليد تشغيل بالقدم تشغيل آلي تشغيل عن بعد	مفتاح وقاية أو مفتاح فصل أو مفتاح مساعد	مفتاح لاحمل مفتاح حمل مفتاح محرك مفتاح قدرة	مفتاح هوائي مفتاح زيتي مفتاح بغاز مضغوط مفتاح تفريغ
II 0 I U, L_1, U_1, V, L_2, V_1, W, L_3, W_1	L_1 L_2 L_3		

رموز التوصيل	التسمية :
أ) ب) ج) د)	**عضو وصل الدائرة:** مفتاح وصل - إختياريا: أ) (النوع ١) أو ب) (النوع ٢) يعود التشغيل ذاتيا إلى وضعه الأصلي بعد زوال القوة المسببة للتشغيل (سابقا). التمثيل العام لزر الضغط: أ)، د) تشغيل باليد. ج) لايعود ذاتيا إلى وضعه الأصلي (سابقا). د) مفتاح وصل ثنائي القطب. ويمكن الاستغناء عن عند ضمان عدم حدوث إلتباس.
أ) ب) ج) د)	**عضو فصل الدائرة:** مفتاح فصل. (أ)، (ب) رموز اختيارية. يعود عضو التشغيل ذاتيا إلى وضعه الأصلي بعد زوال القوة المسببة للتشغيل (سابقا). (ج)، (د) رموز اختيارية. لايعود عضو التشغيل ذاتيا إلى وضعه الأصلي (سابقا).
أ) ب) ج) د)	**عضو التحويل:** مفتاح تحويل. (أ)، (ب) رموز اختيارية. (ج)، (د) رموز اختيارية. مفتاح التحويل.
أ) ب) ج) د)	عضو وصل الدائرة: مفتاح وصل بسكتين وله ثلاث أوضاع تشغيل. (أ)، (ب) رموز اختيارية. (ج)، (د) أعضاء تشغيل لفترات قصيرة، مثل تشغيل ماسحات الزجاج. ج) التلامس في اتجاه السهم. د) التلامس في الإتجاهين.
1 2 1 2 1 2 أ) ب) ج)	(أ) و (ب) مفتاح وصل. المفتاح 1 يوصل قبل المفتاح 2. (أ)، (ب) رموز اختيارية ج) مفتاح الفصل 1 يفصل قبل المفتاح 2 تستخدم الأرقام 1، 2 للتوضيح فقط، ولا تعتبر جزءا من رموز التوصيل!
أ) ب)	أ) مفتاح فصل مزدوج. ب) مفتاح وصل مزدوج.
أ) ب) ج) د)	أ) مفتاح فصل يفصل بتعويق ب) مفتاح وصل يوصل بتعويق ج) مفتاح فصل **يوصل** بتعويق د) مفتاح وصل **يفصل** بتعويق. (في الحالتين (ج) و (د) يعود المفتاح إلى وضعه الأصلي بتعويق)
123456 أ) 1234 ب)	أ) مفتاح متعدد الأوضاع، ذو ستة أوضاع في هذه الحالة. في الوضع 1: يتم قنطرة (توصيل) الملامسين 1 و 3 بينما يكون الملامس 5 مفصولا. ب) مفتاح متعدد الأوضاع، بأربعة أوضاع هنا. في الوضع 1: يتم قنطرة الملامسين 1 و 3 بينما يكون الملامسان 2 و 4 مفصولين. (في الوضع 2: يتم قنطرة الملامسين 2 و 4 بينما يكون الملامسان 1 و 3 مفصولين)



التصنيف وفقا لإمكانية التوصيل

طبقا للمواصفات DIN 40713

الوصف	الرمز
مفتاح يفصل أجزاء التركيبات لجعلها خالية من الجهد الكهربائي بعد فصل التيار عنها مسبقا	أ) موضع فصل ب) مفتاح فصل . مفتاح اللاحمل ج) مفتاح فصل المصهر
مفتاح يفصل المستهلك اللاحثي أو ضئيل الحث الواقع تحت حمل (حمل إسمي تقريباً) . (نظرا لعدم عودة المفتاح ذاتيا ، فإنه يجري حذف الرمز الدال على ذلك ، حيث أن هذا المفتاح غير مزود بنظام العودة الذاتية للوضع الأصلي) .	أ) مفتاح الحمل ب) مفتاح فصل الحمل
مفتاح للوقاية من التيارات الزائدة ودوائر القصر . (نظرا لعدم عودة المفتاح ذاتيا ، فإنه يجري حذف الرمز الدال على ذلك ، حيث أن هذا المفتاح غير مزود بنظام العودة الذاتية للوضع الأصلي) .	أ) مفتاح القدرة ب) مفتاح فصل القدرة

تجهيزات التشغيل الكهروميكانيكية والكهرومغنطيسية ومفاتيح التلامس والمرحلات والمعتقات

مفتاح ملامس : مفتاح للتشغيل عن بعد يعود ذاتياً إلى الوضع الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة .

المرحل (الريلاي) : تجهيزة لتشغيل جهاز الطاقة بواسطة تيار تحكم (صغير غالبا) .

المعتق : لتشغيل المفتاح (بالحرارة أو التيار أو الجهد أو ميكانيكياً) .

أ) تجهيزات تشغيل كهروميكانيكية أو مفتاح ملامس أو مفتاح بصورة عامة .
ب) مع إشارة إلى وجود لفائف فعّالة .
ج) بلفيفتين فعاليتين في نفس الإتجاه د) مثل (ج) ولكن بتمثيل اختياري آخر .

هـ) تشغيل كهروميكانيكي بلفيفتين مؤثرتين في اتجاهين متضادين
و) مثل (هـ) ولكن بتمثيل اختياري آخر .
ز) فعّال كواطمتر ح) مع الإشارة إلى مقاومة التيار المستمر (500 Ω في الرسم)

ط) تشغيل كهروميكانيكي مع تأخير البدء
ي) تشغيل كهروميكانيكي مع تأخير الفصل
ك) بتأخير البدء والفصل .

ل) مرحل (ريلاي) مستقطب بمغنطيس دائم
م) مرحل (ريلاي) يعمل على أساس المحتفظية المغنطيسية .
ن) مرحل (ريلاي) للتيار المتردد

س) مرحل تشغيل كهروميكانيكي بوضعي توصيل يعمل بنبضات التيار
ع) مثل (س) ولكن بتمثيل اختياري آخر
ف) مرحل بثلاث أوضاع توصيل . (العودة إلى الوضع الأصلي يتم باليد أو مغنطيسيا أو بنفس التشغيل) يعمل بنبضات التيار .

المعتقات ذات إمكانية القياس

التسمية	رموز التوصيل الشكل ٢	رموز التوصيل الشكل ١
معتق بالتيار الزائد	I >	
معتق بالتيار الناقص	I <	
معتق بالتيار العكسي	I ➔	
معتق بتيار الخلل	⊣I >	
معتق بالجهد الزائد	U >	
معتق بالجهد الناقص	U <	
معتق بجهد الخلل	⊣U >	
معتق بالتيار الزائد ذو تعويق	⊠ I >	
معتق بالجهد الزائد ذو تعويق	■ U <	
معتق كهربائي حراري بالتيار الزائد ، مثل معتق المزدوجة المعدنية		

يبين السهم حالة تشغيل تختلف عن التمثيل المعتاد :
أ) تجهيزة التشغيل مستثارة . ب) مفتاح وصل مع إمكانية العودة الذاتية إلى وضع التشغيل. **عند استخدام السهم يتم رسم مفتاح الوصل المشغل مفصولا ، ومفتاح الفصل المشغل موصلا .**



وسـائل الوقاية المسـاعدة وتسميات التوصيلات

طبقا للمواصفات DIN 46199

الرمز : الرقم المميز لتجهيزة الوقاية مضافا إليه رمز أطراف التوصيل .

الرقم المميز : تدل الأرقام مقروءة من اليسـار إلى اليمين على عدد مفاتيح الوصل ، ومفاتيح الفصل ومفاتيح التحويل . مثال : الرقم المميز 31 يدل على أن لتجهيزة الوقاية ثلاثة مفاتيح وصل ومفتاح فصل واحد . ويدل الرقم صفر (0) على عدم وجود مفتاح تحويل (لايذكر الصفر هنا لوقوعه في النهاية) .

تسمية أطراف التوصيل : تشتمل على :

رقم الموضع : ويدل على الوضع من حيث المكان . ففي التركيبات ذات الطبقتين ، يتم الترقيم من اليسـار إلى اليمين . أما في تركيبات التوالي (أنظر جهاز الوقاية ذا الرقم المميز 22) فتبدأ بترقيم متسلسل لمفاتيح الوصل يتبعه ترقيم متسلسل لمفاتيح الفصل .

الرقم الوظيفي (إلى يمين رقم الموضع) : ويدل على نوع المفتاح ، وتسميات التوصيل لأزرار الضغط والأزرار الحدية ومفتاح الاختيار .

رقم الوظيفة رقم الموضع الرقم المميز

أرقام الوظائف :

مفاتيح تحويل	مفاتيح وصل	مفاتيح فصل
1 – 2,4	3 – 4	1 – 2

النقطة ١ في مفتاح التحويل = نقطة الجذر

مفتاح الفصل 2 – 1 ، مفتاح الوصل 4 – 3

جهاز الوقاية مزود بأجهزة تشغيل طبقا للمواصفات القياسية DIN 40713/6-70 ويمكن استخدام أجهزة تشغيل من الشكل (١) أو الشكل (٢) . (مثال ذلك مفتاح وصل شكل (١) ومفتاح فصل شكل (١) ، ومفتاح تحويل شكل (١) . (لأجهزة التشغيل الـكهربائية أنظر ص ١٧١) .

أمثلة تركيبات ذات طبقتين :

أمثلة تركيبات توال :

بوادئ التشغيل

طبقا لمواصفات DIN 40712/13 و DIN 40700 لوحة رقم 20

يمكن تكوين رموز التوصيل لبوادئ التشغيل من رموز التوصيل طبقا للمواصفتين القياسيتين DIN 40713 و DIN 40712 أما في الرسومات التجارية فيفضل استخدام الرموز طبقا للمواصفات القياسية DIN 40700 اللوحة رقم (٢٠) ، التي تتفق مع توصيات لجنة الـكهرباء الدولية IEC .

أ) بادئ تشغيل (بصفة عامة) .
ب) بادئ تشغيل بخمسة مراحل للبدء
ج) بادئ تشغيل لمحركات ذات إتجاه دوران واحد
د) بادئ تشغيل لمحركات ذات إتجاهي دوران .

أ) بادئ تشغيل للتوصيل على التوالي والتوازي
ب) بادئ تشغيل للتغيير بصفة مستمرة .
ج) بادئ تشغيل اوتوماتي
د) بوادئ تشغيل أوتوماتية (حرارية أو مغنطيسية مثلا) .

أمثلة لبوادئ التشغيل وخواص بدء التشغيل

أ) بادئ تشغيل للوصل المباشر بأجهزة وقاية المحركات ذات اتجاهي دوران
ب) بادئ تشغيل للوصل المباشر بواق وفاصم حراري .
ج) بادئ تشغيل مفتاح توصيلة نجمة – دلتا (Δ – Y)
د) بادئ تشغيل للمحركات بأقطاب قابلة للتغيير .

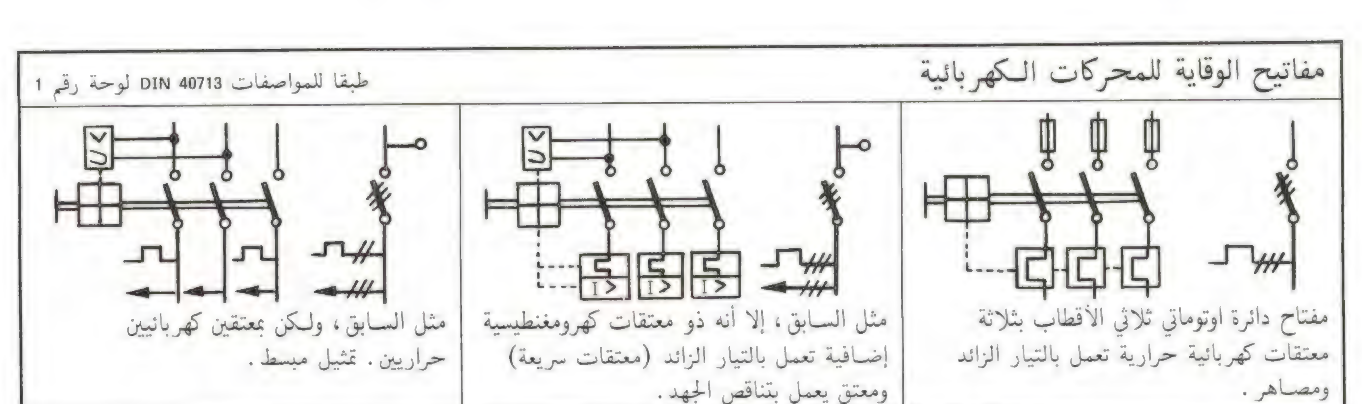
أ) بادئ تشغيل بمحول ذاتي
ب) بادئ تشغيل لمحرك أحادي الطور ، بطور مسـاعد ، سعوي
ج) بادئ تشغيل بمقاومات
د) بادئ تشغيل أوتوماتي مع تغذية بتيار متردد ، وتيار تغذية عضو الإنتاج لمحرك تيار مستمر عن طريق جهاز تقويم تيار مع تحكم .

يتكون بادئ التشغيل من عناصر طبقا للمواصفات القياسية DIN 40712/13

أ) بادئ تشغيل لمحرك تيار مستمر بتوصيلة توال .
ب) بادئ تشغيل لعضو الإنتاج ثلاثي الأطوار .
ج) بادئ تشغيل لمحرك التيار المستمر ذي توصيلات توال أو تواز / توال (مركبة)
د) بادئ تشغيل مثل (ج) إلا أنه بمقاومة موصلة على التوالي مع ملف المجال الموصل على التوازي مع المحرك . (ب) و (ج) و (د) : تشغيل باليد .

مفاتيح الوقاية للمحركات الكهربائية

طبقا للمواصفات DIN 40713 لوحة رقم 1



مفتاح دائرة اوتوماتي ثلاثي الأقطاب بثلاثة معتقات كهربائية حرارية تعمل بالتيار الزائد ومصاهر .

مثل السابق ، إلا أنه ذو معتقات كهرومغنطيسية إضافية تعمل بالتيار الزائد (معتقات سريعة) ومعتق يعمل بتناقص الجهد .

مثل السابق ، ولكن بمعتقين كهربائيين حراريين . تمثيل مبسط .

معتق مغنطيسي يعمل بدائرة القصر لمفتاح وقاية المحرك الكهربائي للتيار المتردد : قيمة الضبط : من $8\ I_N$ إلى $16\ I_N$

قيمة الضبط لمعتق بالحمل الزائد من $1{,}2\ I_N$ إلى $2\ I_N$.

معتق بالتيار الزائد متخلف الأداء بالتأثير الحراري

عندما يكون تيار الاستجابة $1{,}05\ I_N$ يكون زمن الفصل أكبر من 2 h ابتداء (انطلاقا) من الحالة الباردة

عندما يكون تيار الاستجابة $1{,}2\ I_N$ يكون زمن الفصل أقل من 2 h ابتداء من حالة التشغيل الدافئة

عندما يكون تيار الاستجابة $1{,}5\ I_N$ يكون زمن الفصل أقل من 2 min ابتداء من حالة التشغيل الدافئة

عندما يكون تيار الاستجابة $6 \cdot I_N$ يكون زمن الفصل أقل من 2 s ابتداء من حالة التشغيل الباردة (ويكون أكبر من 5 s في حالة بدء الدوران بحمل زائد)

مثال لتقنية الوقاية

طبقا للمواصفات DIN 40713 لوحة رقم 3

الوقاية ضد التيار الزائد	بتعويق مستقل				بتعويق متعلق بالتيار	
			سريع الفصل			
أعضاء الاستشارة	الرمز المختصر	رمز التوصيل	الرمز المختصر	رمز التوصيل	الرمز المختصر	رمز التوصيل
معتق ابتدائي		I >		I > / I >>	(I)	(I) I >
معتق ثانوي		I >		I > / I >>	(I)	(I) I >
مرحل (ريلاي) ابتدائي	t / I >	I >	t / I > / I >>	I > / I >>	t (I) / I >	I > (I)
مرحل (ريلاي) ثانوي	t / I >	I >	t / I > / I >>	I > / I >>	t (I) / I >	I > (I)
الوقاية الحرارية ضد التيار الزائد معتق ابتدائي			سريع الفصل	I >>	سريع الفصل (I)	(I) I > / I >>
معتق ثانوي				>>	(I)	(I) I > / I >>
مرحل (ريلاي) ابتدائي			I >>	I >>	t (I) / I > / I >>	I > / I >> (I)
مرحل (ريلاي) ثانوي			I >>	I >>	t (I) / I > / I >>	I > / I >> (I)

مفتاح حمل ذو معتقين ابتدائيين

مفتاح حمل بثلاثة معتقات ثانوية

مفتاح قدرة بثلاثة مرحلات ابتدائية في دائرة تيار التشغيل .



خطط (مخططات) التوصيل للدوائر الكهربائية

الخطة الرمزية (الخطة العامة): تمثيل مبسط بقطب واحد لدائرة التوصيل بدون خطوط توصيل مساعدة. والغرض منه بيان ترتيب الأجهزة ومسار التيار وإمكانيات التوصيل.

الخطة التنفيذية: تمثيل شامل للدائرة مع خطوط التوصيل المساعدة وأطراف التوصيل الخاصة بها، وكذلك التوزيع المكاني للأجهزة بصورة جزئية. والغرض منها إعطاء صورة واضحة عن التنسيق وأسلوب التشغيل ومسارات التيار في الدائرة.

خطة مسار التيار: ويتم فيها تمثيل الدائرة مفصلة إلى مسارات التيار وخطوط التوصيل المساعدة بأطراف توصيلها ومواضع لحامها.

خطة توصيل الأجهزة: وتمثل فيها خطوط التوصيل ومواضع التوصيل بداخل جهاز معين أو بين أجهزة مجموعة معينة. وتمثل الأجهزة أو أجزاؤها في الوضع الصحيح لتوصيلها. وتعتبر خطة توصيل الأجهزة من مستندات الإنتاج لتركيب الأجهزة وتجميعها.

خطة التركيب: ويتم فيها عادة رسم تركيبات خطوط التوصيل الخاصة بوحدات الإضاءة أو القوى الكهربائية أو الهاتف في مبنى أو رسومات المباني في الوضع الصحيح لتحديدها طبقا للمواصفات القياسية (DIN 40717).

تسمية المعدات في خطط توصيل الدوائر الكهربائية طبقا للمواصفات القياسية (DIN 40719)

تتكون تسمية المكنات والأجهزة وأجزاؤها من:

- حرف أبجدي صغير يدل على نوع الجهاز (أنظر الجدول أسفله)
- رقم مسلسل للترتيب (أنظر شرح خطة مسار التيار)

تثبت لوحة البيانات الفنية مثل الجهد أو التيار أو القدرة أو مجال القياس...إلخ بوحداتها مثل VA, W, A, kV, V إلخ على جانب الجهاز ويجب تسمية أطراف التوصيل للأجهزة طبقا لتعليمات VDE مثل U, V, W. وتعطى أطراف التوصيل المتوالية أرقاما مسلسلة ويرمز لأطراف التوصيل بالحرف X مضافا إليه رقم مسلسل، مثال ذلك: X3

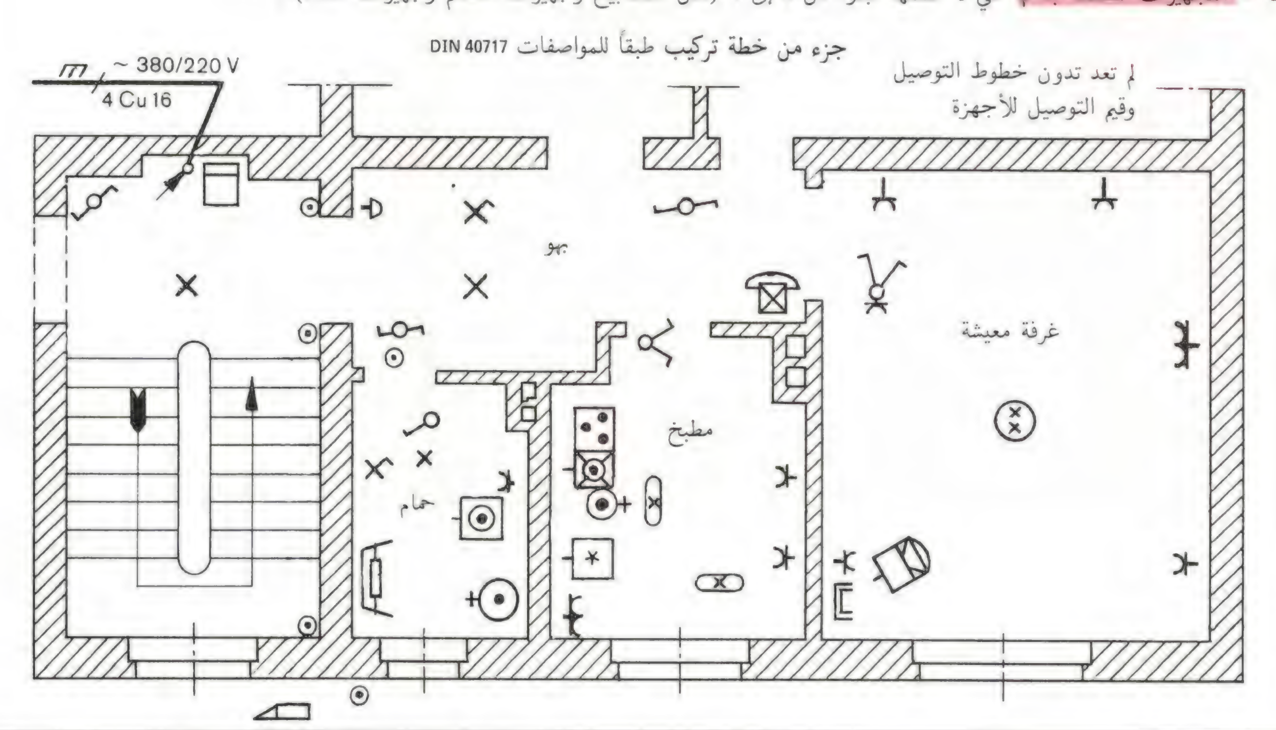
يرمز للموصلات عند مواضع الوصل لأطراف التوصيل برمز يبين موضع أطرافها، ويشتمل على تسمية طرف التوصيل للجانب الآخر الذي سوف يوصل به، مثال ذلك X4. 21 (ويعني ذلك أن الموصل يؤدي إلى طرف التوصيل رقم 21 على لوحة أطراف التوصيل رقم 4) أو K1. 4 (الموصل يؤدي إلى طرف التوصيل 4 للواقي K1). أنظر شرح الخطة التنفيذية.

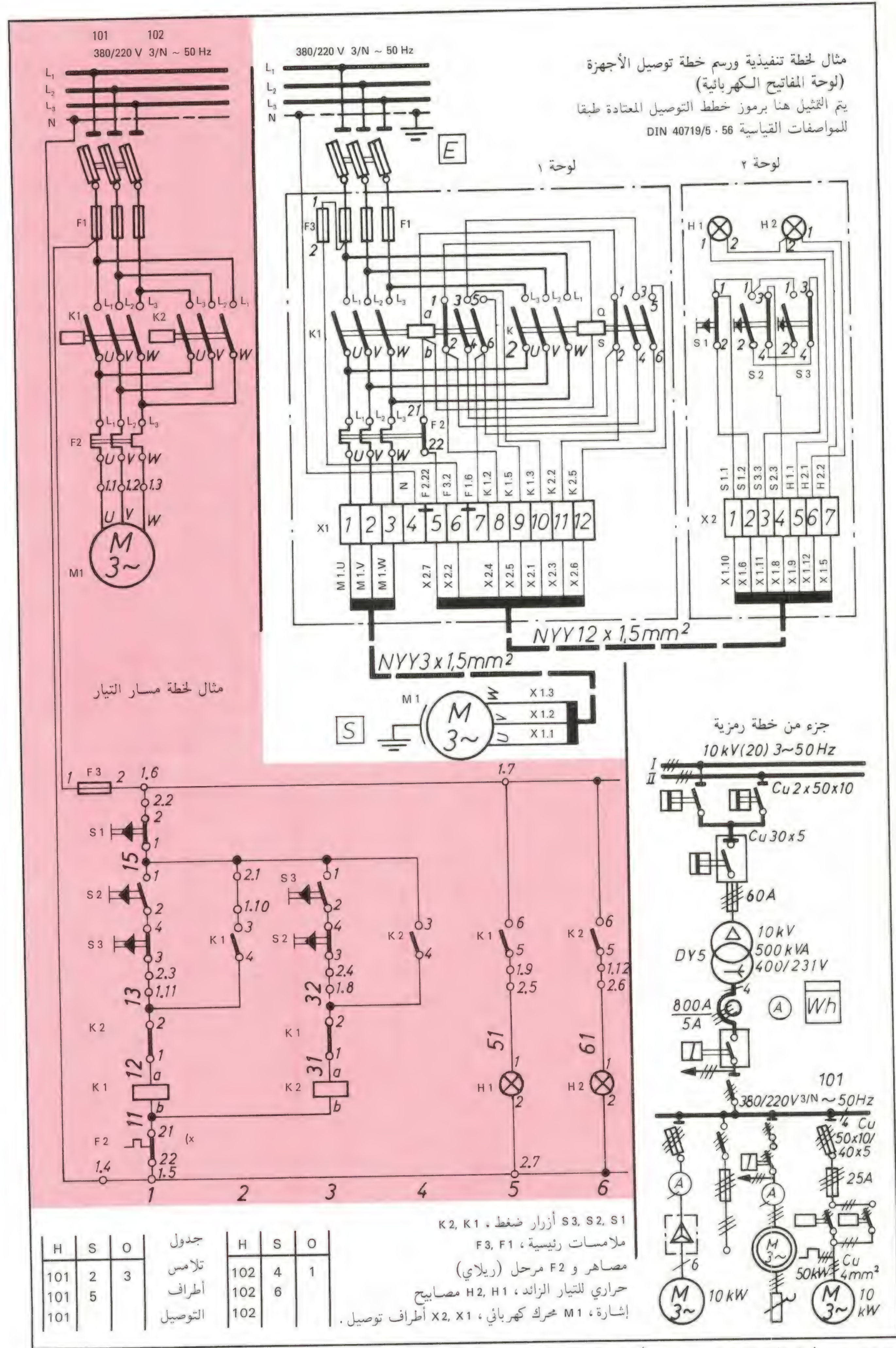
يمكن في خطة مسار التيار إضافة رقم إلى الموصلات الممتدة بين مواضع الوصل أو الأجهزة (أنظر شرح خطة مسار التيار).

الحروف الأبجدية الدالة على أنواع الأجهزة

Q = مفتاح كهربائي (مفتاح فصل ومفتاح حمل ومفتاح محرك ومفتاح قدرة ومفتاح وقاية المحرك ومفتاح ذاتي التشغيل).
S = مفتاح مساعد (مفتاح تنفيذ ومفتاح تحكم ومفتاح بزر ضغط ومفتاح انتقائي ومفتاح تركيبات وتجهيزات الإقران (بالقابس والمقبس).
K = مفتاح ملامس (وقاية القدرة).
KA = مفتاح ملامس مساعد (جهاز وقاية مساعد، مرحل (ريلاي) مساعد أو زمني ومفتاح مساعد يعمل من بعد).
F = تجهيزات الوقاية (مصاهر وفواصم قياس ومتحكم أوتوماتي وفاصم يعمل بالطرد المركزي).
B = محولات القياس (محولات القياس ومقاومة تواز ومزدوجة حرارية).
P = أجهزة القياس (الأمبيرمترات والفولطمترات والواطمترات... إلخ والعدادات)
H = المنبهات البصرية والسمعية (مصباح إشارة ومنبه ونفير)
C = المكثفات والملفات الخانقة
M = المكنات والمحولات.
V = الصمامات الالكترونية والمضخات.
R = المقاومات والمنظمات السريعة (مقاومات التوالي ومقاومات الوقاية والبدء والمجال ومقاومات الفرملة).
Y = أجهزة ميكانيكية أخرى (مغنطيس رفع الأحمال وقابض (كلتش) مغنطيسي وجهاز معتق الفرملة والمفاتيح المتدرجة).
E = التجهيزات المستقلة بذاتها التي لا تضمها البنود من Q إلى Y (مثل المصابيح وتجهيزات التحكم وتجهيزات النداء).

جزء من خطة تركيب طبقاً للمواصفات DIN 40717





جدول تلامس أطراف التوصيل

H	S	O
101	2	3
101	5	
101		

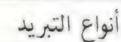
H	S	O
102	4	1
102	6	
102		

x) F2 يستخدم في لوحات التوصيل بين N, K ، أما في الحالات الأخرى فقبل S1

محولات القدرة الكهربائية

الأنواع : محولات أحادية الطور أو متعددة الأطوار ، أو محولات ذات قلوب حديدية أو محولات ذات الدائرة المغنطيسية المحيطة (shell-type transformer)

المحول ذو القلب الحديدي : عدة سيقان (شرائح) متوازية موصلة مغنطيسيا ببعضها بواسطة القلب (حامل الأقطاب) .



المحول ذو الدائرة المغنطيسية المحيطة : القلب (حامل الأقطاب) وسيقان العودة (returnleg) تحيط بلفائف ساق أو عدة سيقان تقع في نفس المحور .

أنواع التبريد

S = تبريد ذاتي بتيار هواء وإشعاع طبيعيين .

F = تبريد خارجي باستخدام مروحة تابعة للمحول .

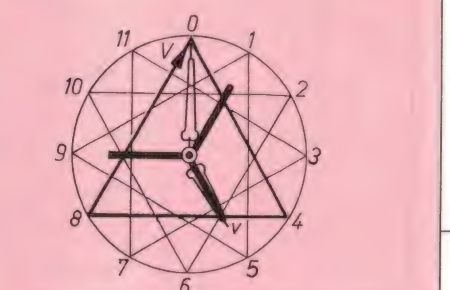
فإذا كانت دورة الزيت إجبارية يتم ذلك بواسطة المضخة :

SU = تبريد ذاتي مع دورة الزيت . يتم تبريد الزيت المدفوع بتيار هواء وإشعاع طبيعيين

FU = تبريد خارجي مع دورة الزيت . يتم تبريد الزيت المدفوع بمروحة تابعة للمحول .

WU = تبريد بالماء مع دوران الزيت . يتم تبريد الزيت المدفوع في مبرد مائي خارج وعاء الزيت .

رسم تخطيطي طبقا لتعليمات لجنة الكهرباء الدولية (IEC)



مجموعة التوصيل : Dy 5

المؤشر الكبير : V(HV) يشير إلى الساعة صفر أي الثانية عشرة ليلا

المؤشر الصغير : v(LV) يشير إلى الساعة الخامسة

أساليب التشغيل : S 1 و S 2 (أنظر ص ١٥٣) .

أساليب الوقاية : أنظر ص ١٤٩ ، وللتسخين الحدي أنظر ص ١٥٥

الجهود الإسمية القياسية : أنظر ص ٧٧

القدرات الإسمية القياسية (KVA) ، لتيار ثلاثي الأطوار بتردد 50 HZ

5	10	20	30	50	75	100	125	160	200
250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	وهكذا

جهد القصر : U_{sh} من 4% إلى 6%

دوائر التوصيل ومجموعات الدوائر

دائرة التيار ثلاثي الأطوار	اللفيفة HV	اللفيفة LV	الشكل الرمزي	الرقم المميز	مجموعات التوصيل (محول التيار ثلاثي الأطوار)		
مفتوحة	I,III	i,iii	I,III				
دلتا	D	d	Δ	0	Dd 0	Yy 0	Dz 0
نجمة	Y	y		5	Dy 5	Yd 5	Yz 5
متعرجة	Z	z		6	Dd 6	Yy 6	Dz 6
				11	Dy 11	Yd 11	Yz 11

الرقم المميز	محول أحادي الطور		
0	Ii 0	–	–
	محول ذاتي		
0	Y 0	I 0	–
	محول إضافي		
0	IIIy 0	–	–
5	–	IIId 5	–
11	–	–	IIId 11

الأرقام المميزة : 0 ، 5 ، 6 ، 11

يبين الرقم المميز عدد مضاعفات الزاوية 30° التي يتأخر بها متجه الجهد المنخفض LV عن متجه الجهد العالي HV الذي يحمل نفس تسمية طرف التوصيل (أنظر الرسم التخطيطي)

مثال : $5 \cdot 30° = 150°$

مجموعات التوصيل المفضلة

مجموعة التوصيل	Yy 0	Dy 5	Yd 5	Yz 5
الدائرة (HV / LV)				
الشكل الرمزي (HV / LV)				
نسبة التحويل : $t_{r1} : t_{r2}$	$\frac{N_1}{N_2}$	$\frac{N_1}{\sqrt{3} N_2}$	$\frac{\sqrt{3} N_1}{N_2}$	$\frac{2 N_1}{\sqrt{3} N_2}$

Yy 0 : عند وجود تمدد صغير في التجهيزة وإذا كان الموصل المحايد N في الملف الثانوي محمل بصورة ضعيفة .

Dy 5 : للمحولات الكبيرة ، إذا كان الموصل المحايد N محمل بحمل كبير .

Yd 5 : كمحول رئيسي في محطات القوى .

Yz 5 : كمحول صغير مع تحميل للموصل المحايد N .

المدة المسموح بها للتحميل الزائد

التحميل الزائد %	محول زيتي 50%	محول زيتي 75%	محول زيتي 90%	محول جاف 50%	محول جاف 75%	محول جاف 90%
	القدرة الدائمة المسبقة ، كنسبة مئوية من القدرة الإسمية					
10	3^h	2^h	1^h	60^m	55^m	45^m
20	$1,5^h$	1^h	$0,5^h$	30^m	23^m	16^m
30	1^h	$0,5^h$	15^m	20^m	15^m	10^m
40	30^m	15^m	8^m	15^m	11^m	7^m
50	15^m	8^m	4^m	12^m	9^m	5^m

أسلوب التبريد	درجة حرارة الزيت الابتدائية		
S,F	55°	68°	78°
SU,FU WU	49°	60°	68°

تستخدم قيم الجداول لعزل من درجة A . وتخفض قيم الجداول بمقدار 10% للعزل من درجة E و 15% للعزل من درجة B

الشروط العامة لتشغيل المحولات على التوازي

١ – يجب أن تكون مجموعات التوصيل بنفس الرقم المميز (التشغيل على التوازي للمجموعة 5 مع المجموعة 11 ممكن أيضا . مثال للتوصيل أنظر أسفل الصفحة) .

٢ – يجب اختيار نسبة تحويل مماثلة بقدر الإمكان في المحولين .

٣ – يجب اختيار نفس جهد دائرة القصر تقريبا لكلا المحولين (مسموح بفرق حتى 10%) .

٤ – نسبة القدرة الاسمية للمحولات يجب ألا تتعدى نسبة 3:1 .

Dy 5   Dy 11 L_1 L_2 L_3

المحولات الصغيرة (محولات للأجهزة)

طرازات AEG

الكفاية η %	تيار اللاحمل كنسبة مئوية من التيار الإسمي	وزن النحاس kg	كثافة التيار العظمى A/mm^2	عدد اللفات لكل ڤولط	المحيط المتوسط للفيفة m	مساحة مقطع الحديد cm^2	وزن الحديد kg	عدد الألواح 0,35 mm	عدد الألواح 0,5 mm	مقاسات حزمة الألواح: السمك C	الارتفاع Y	العرض X	القدرة (VA)	المقطع القياسي للصاج
–	–	0,003	–	–	0,036	0,24	0,011	–	–	5,5	20	20	–	M 20
–	–	0,012	–	–	0,05	0,45	0,032	–	–	7,6	30	30	–	M 30
65	31,1	0,045	6	21,6	0,089	1,69	0,135	41	29	15,7	42	42	4	M 42
76	25,7	0,085	4,5	11,25	0,116	3,32	0,33	58	39	21,7	55	55	12	M 55
80	22	0,16	3,5	7,44	0,138	5,00	0,63	72	50	27,8	65	65	25	M 65
85	17,3	0,29	3,2	5,45	0,162	6,93	0,91	85	60	33,5	74	74	50	M 74
86	16,7	0,37	3	4,3	0,171	8,74	1,32	85	60	33,5	85	85	70	M 85
88	15,6	0,57	3	3,36	0,198	11,17	2,04	95	67	36,5	102	102	120	M 102
89	16,8	0,63	2,8	2,27	0,233	16,52	2,99	138	97	54			175	
83	22	0,22	2,9	10,42	0,14	3,32	0,347	58	39	21,7	70	55	25	E/J 70
89	16	0,59	2,65	5,02	0,19	6,93	0,98	85	60	33,5	92	74	95	E/J 92
90	16,6	0,69	2,55	3,98	0,202	8,74	1,42	85	60	33,5	106	85	125	E/J 106
91	14,5	1,7	2,2	2,92	0,243	9,82	2,35	97	68	37,7			250	
92	12	2,0	2,1	2,31	0,263	13,2	3,01	107	75	41,7	130	105	320	E/J 130
91	13,1	2,9	1,8	2,31	0,282	15,0	3,49	124	87	47,7			370	
93	14,4	3,2	1,7	1,86	0,302	18,6	4,37	134	94	51,7	150	120	450	E/J 150
93	14,1	3,5	1,6	1,56	0,322	22,2	5,21	160	112	61,7			550	
94	14,6	5,0	1,5	1,28	0,36	27,0	7,30	172	120	66,7	170	140	750	E/J 170
94	14,1	5,6	1,4	1,113	0,38	31,1	8,39	197	138	76,7			850	
94	14,3	7,0	1,35	1,212	0,37	28,6	9,36	146	102	57,7	195	180	1000	E/J 195
94	14,1	7,9	1,25	0,99	0,395	35,0	11,48	180	126	70,7			1250	
95	14,3	8,7	1,15	0,815	0,425	42,4	14,0	219	153	85,7			1500	
95	12,6	11,5	1,10	0,918	0,423	37,9	14,8	167	117	64,7	231	209	1750	E/J 231
95	13,9	12,2	1,05	0,733	0,455	47,2	18,45	209	146	80,7			2000	
95	13,8	14,5	1,0	5,95	0,495	58,3	22,74	258	180	99,7			2500	

طبقا للمواصفات القياسية DIN 41302/3/4 تضم أيضاً الأنواع : EJ 42, 48, 54, 60, 66, 78, 84

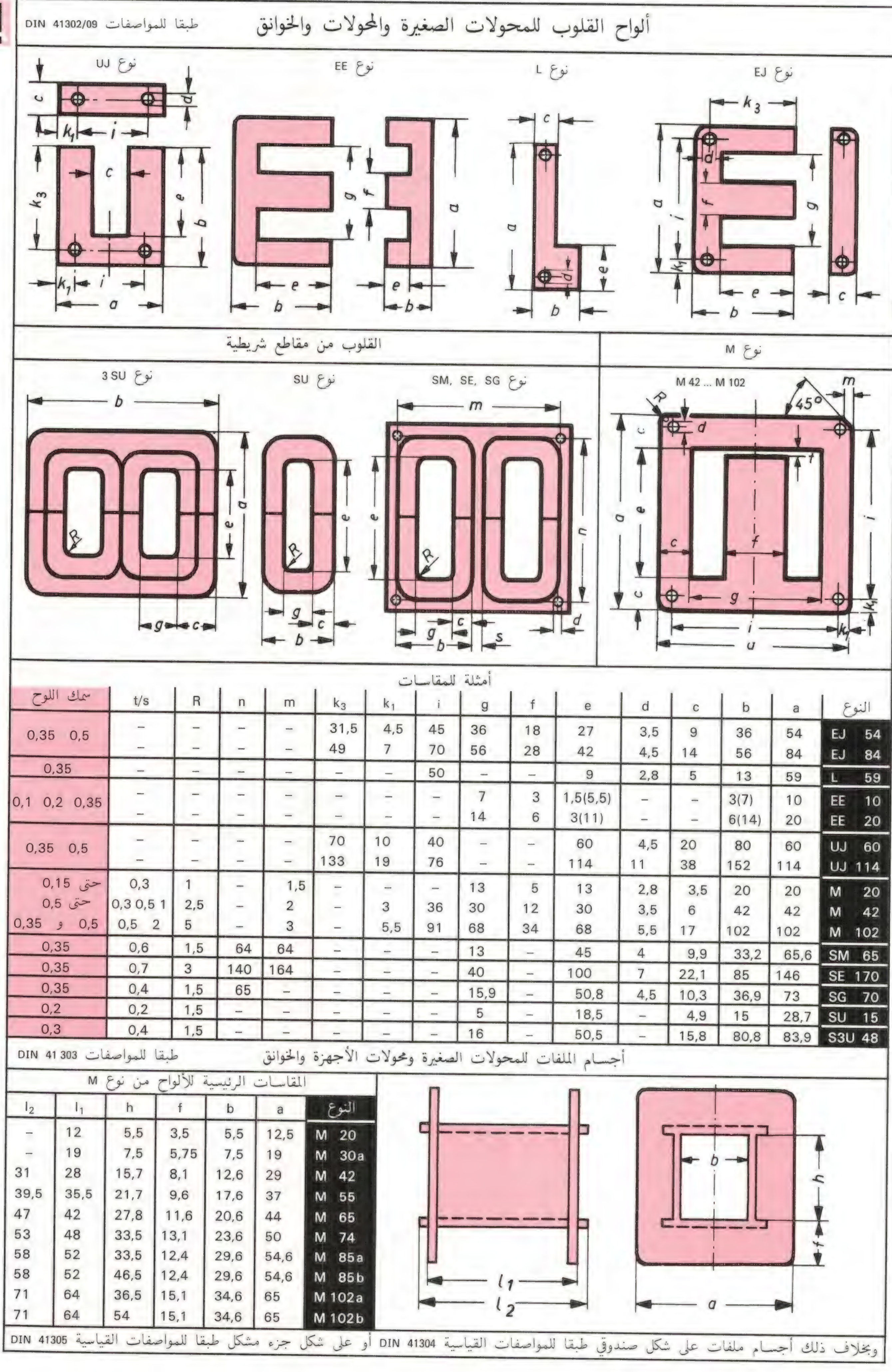
الفقد في الحديد لكل kg من وزنه لحث مغنطيسي مقداره 12000 Gauss :
3 W في حالة صاج المولدات III بسمك 0,5 mm
2,4 W في حالة صاج المولدات IV بسمك 0,5 mm
1,8 W في حالة صاج المولدات IV بسمك 0,35 mm

في حالة 1 VA يحتاج الأمر إلى :
قلب حديدي حجمه $3{,}3\ cm^3$
حيث أن الحديد النقي حجمه $3{,}0\ cm^3$
أو يبلغ وزنه 25 g

وسائط التبريد والعزل للمحولات والمفاتيح الكهربائية

الكميات المميزة لخواص الطبيعية (قيم متوسطة)	زيت	كلوفين
الكثافة g/cm^3 عند 15°C	0,877 ... 0,881	1,565
الكثافة g/cm^3 عند 100°C	0,825 ... 0,830	1,475
اللون	شفاف ، خفيف الإصفرار	شفاف عديم اللون
الإنكماش عند هبوط درجة الحرارة من 100°C إلى 15°C	6,5 %	6 %
معامل التمدد الحراري بوحدة (1/K) (من 15,5°C إلى 100°C)	0,00076	0,0007
الموصلية الحرارية بوحدة J / (m·s·K) عند درجة 45°C	43	34,8
السعة الحرارية النوعية بوحدة (J / kg · K) عند درجة 20°C	1,96	1,06
نقطة العقد (°C)	– 54 ... 45	– 35
نقطة الوميض (°C)	156 ... 165	–
معامل التعادل (زيت mg KOH/g)	0 للزيت الجديد	< 0,01
نسبة امتصاص الماء عند الغمر تحت الماء لمدة 14 يوماً	0,005 ... 0,012	0,014
ثابت العزل النسبي عند 18°C	2,3 ... 2,45	4,5
جهد انهيار العازل بوحدة (kV) طبقا لتعليمات VDE 0370 (مقاسا بمسافة 2,5 mm بين الإلكترودات)	50	50

فوق 60	60	20	220	110	30	
مجموعة المفاتيح الكهربائية			المحولات ومحولات أجهزة القياس			درجة عزل الزيت المستعمل طبقا لتعليمات VDE 0370
فوق 60	60	20	220	110	30	جهد التوالي بوحدة (kV)
20	15	10	35	30	20	جهد انهيار العازل بوحدة kV/2,5 mm



ألواح القلوب للمحولات الصغيرة والمحولات والخوانق

طبقا للمواصفات DIN 41302/09

أمثلة للمقاسات

سمك اللوح	t/s	R	n	m	k_3	k_1	i	g	f	e	d	c	b	a	النوع
0,35 0,5	–	–	–	–	31,5	4,5	45	36	18	27	3,5	9	36	54	EJ 54
	–	–	–	–	49	7	70	56	28	42	4,5	14	56	84	EJ 84
0,35	–	–	–	–	–	–	50	–	–	9	2,8	5	13	59	L 59
0,1 0,2 0,35	–	–	–	–	–	–	–	7	3	1,5(5,5)	–	–	3(7)	10	EE 10
	–	–	–	–	–	–	–	14	6	3(11)	–	–	6(14)	20	EE 20
0,35 0,5	–	–	–	–	70	10	40	–	–	60	4,5	20	80	60	UJ 60
	–	–	–	–	133	19	76	–	–	114	11	38	152	114	UJ 114
حتى 0,15	0,3	1	–	1,5	–	–	–	13	5	13	2,8	3,5	20	20	M 20
حتى 0,5	0,3 0,5 1	2,5	–	2	–	3	36	30	12	30	3,5	6	42	42	M 42
0,35 و 0,5	0,5 2	5	–	3	–	5,5	91	68	34	68	5,5	17	102	102	M 102
0,35	0,6	1,5	64	64	–	–	–	13	–	45	4	9,9	33,2	65,6	SM 65
0,35	0,7	3	140	164	–	–	–	40	–	100	7	22,1	85	146	SE 170
0,35	0,4	1,5	65	–	–	–	–	15,9	–	50,8	4,5	10,3	36,9	73	SG 70
0,2	0,2	1,5	–	–	–	–	–	5	–	18,5	–	4,9	15	28,7	SU 15
0,3	0,4	1,5	–	–	–	–	–	16	–	50,5	–	15,8	80,8	83,9	S3U 48

أجسام الملفات للمحولات الصغيرة ومحولات الأجهزة والخوانق

طبقا للمواصفات DIN 41 303

المقاسات الرئيسية للألواح من نوع M

l_2	l_1	h	f	b	a	النوع
–	12	5,5	3,5	5,5	12,5	M 20
–	19	7,5	5,75	7,5	19	M 30a
31	28	15,7	8,1	12,6	29	M 42
39,5	35,5	21,7	9,6	17,6	37	M 55
47	42	27,8	11,6	20,6	44	M 65
53	48	33,5	13,1	23,6	50	M 74
58	52	33,5	12,4	29,6	54,6	M 85a
58	52	46,5	12,4	29,6	54,6	M 85b
71	64	36,5	15,1	34,6	65	M 102a
71	64	54	15,1	34,6	65	M 102b

وبخلاف ذلك أجسام ملفات على شكل صندوق طبقا للمواصفات القياسية DIN 41304 أو على شكل جزء مشكل طبقا للمواصفات القياسية DIN 41305

الرموز المختصرة ورموز التوصيل للمحولات والملفات الخانقة

طبقا للمواصفات DIN 40714

رمز التوصيل المختصر	رمز التوصيل	التسمية
ب) أ)	رمز اختياري ب) أ)	أ) ملف خانق، تمثيل عام ب) قابل للضبط بصفة مستمرة
ب) أ)	ب) أ)	محول ذاتي : أ) رمز عام، ب) قابل للضبط بصفة مستمرة
ج) ب) أ)	ج) ب) أ)	محول أحادي الطور بلفائف منفصلة أ) رمز عام ب) قابل للتغيير على مراحل (في غير وقت التشغيل) ج) قابل للضبط
110 kV 10 MVA 50 Hz 7,5% 15 kV 6 kV ب) 6 kV 100 kVA 50 Hz 7,5% 2 x 200 V أ)	110 kV 10 MVA 50 Hz 7,5% 15 kV 6 kV ب) 6 kV 100 kVA 50 Hz 7,5% 2 x 200 V أ)	أمثلة : محول أحادي الطور أ) ذو موصل محايد جهد دائرة القصر = 7,5% ب) بثلاث لفائف 110/15/6 kV 110/15 kV بين 7,5% U_{sh}
6000 ± 10 x 100 V 1000 kVA 50 Hz 6000 V ب) 6 kV 200 kVA 50 Hz 5 kV أ)	6000 ± 10 x 100 V 1000 kVA 50 Hz 6000 V ب) 6 kV 200 kVA 50 Hz 5 kV أ)	أمثلة : محول ذاتي أ) أحادي الطور لقدرة محولة تبلغ 200 kVA ب) لتيار ثلاثي الأطوار، قابل للضبط على مراحل، لقدرة محولة تبلغ 1000 kVA بتوصيلة نجمة .
60 kV 6300 kVA 50 Hz Yd5 15 kV ب) 15000 V 100 kVA 50 Hz 231 V أ)	60 kV 6300 kVA 50 Hz Yd5 15 kV ب) 15 kV 100 kVA 50 Hz 231 V أ)	أ) محول ثنائي الطور . بطورين موحدين / بطورين غير موحدين ب) محول تيار ثلاثي الأطوار التوصيلة Yd 5
15 kV ± 4% 100 kVA Yz5 400/231 V ب) 15 kV 100 kVA 50 Hz 400 V أ)	15 kV ± 4% 100 kVA Yz5 400/231 V ب) 15 kV 100 kVA 50 Hz 400 V أ)	محول تيار ثلاثي الأطوار أ) توصيلة دلتا / نجمة مضاعفة ∆/✻ بجهد طور 400 V ب) التوصيلة Yz5 بجهد عالي اللفيفة قابلة للضبط
ب) أ)	ب) أ)	محول التيار ثلاثي الأطوار أ) بلفائف منفصلة بتوصيلة نجمة . ب) بلفائف موصلة نجمة . توصيلة محول ذاتي .



المحولات (أمثلة على التوصيل)

محول أحادي الطور

محول ذاتي أحادي الطور

خطة التوصيل مع رموز التوصيل

خطة التوصيل لجميع الأقطاب باستعمال الرموز المختصرة

لقطب واحد

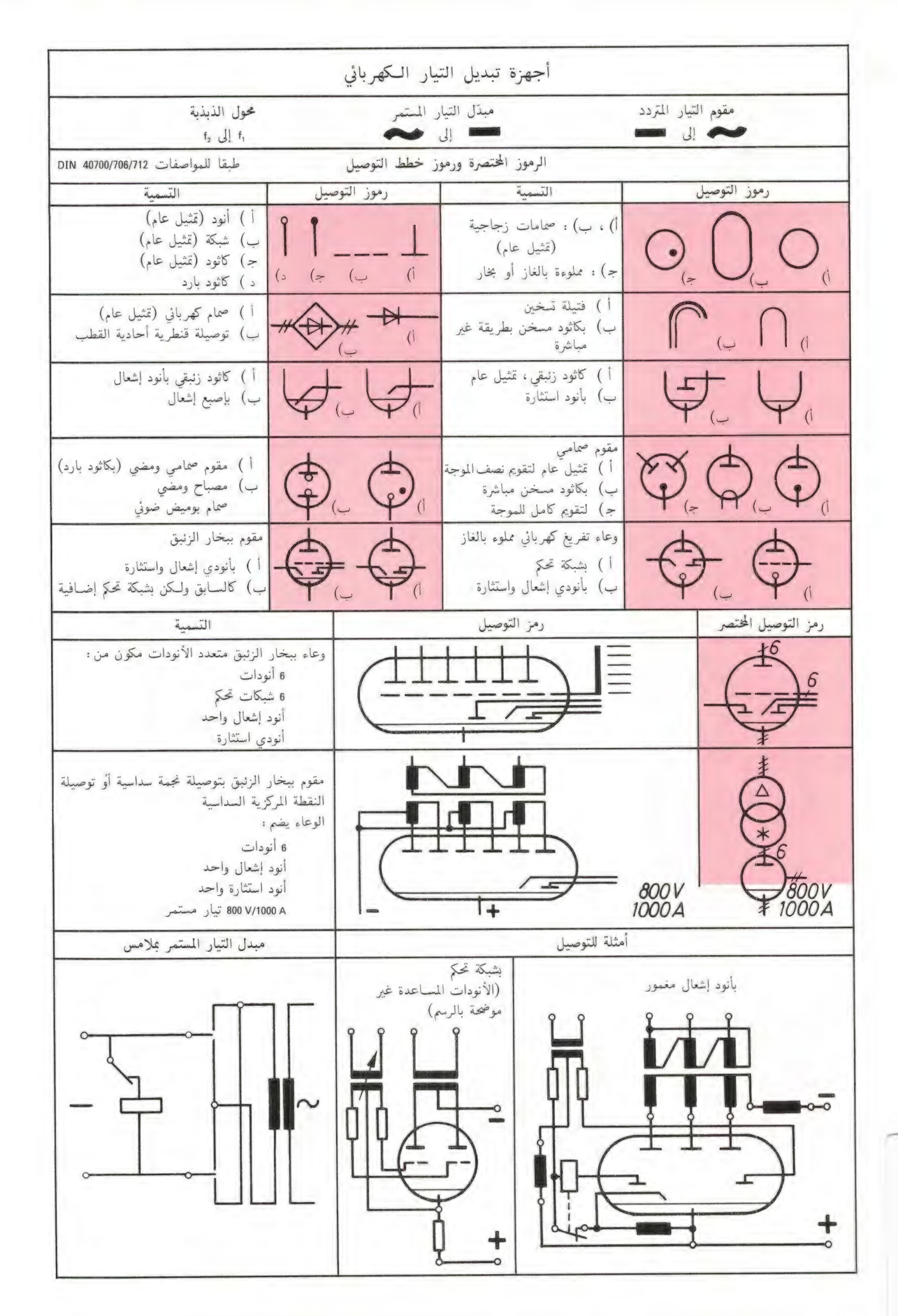
مجموعة الدوائر Yz 5 (C3) لمحول التيار ثلاثي الأطوار

محول أجهزة موصل بصمام تقويم

التوصيلة

مخطط المتجهات

نسب الجهد في التوصيلة المتعرجة (زجزاج)



أجهزة تبديل التيار الـكهربائي
مقوم التيار المتردد
إلى
مبدّل التيار المستمر
إلى
محول الذبذبة
f_1 إلى f_2
الرموز المختصرة ورموز خطط التوصيل
طبقا للمواصفات DIN 40700/706/712
رموز التوصيل
التسمية
رموز التوصيل
التسمية
أ) ، ب) : صمامات زجاجية (تمثيل عام)
ج) : مملوءة بالغاز أو بخار
أ) أنود (تمثيل عام)
ب) شبكة (تمثيل عام)
ج) كاثود (تمثيل عام)
د) كاثود بارد
أ) فتيلة تسخين
ب) بكاثود مسخن بطريقة غير مباشرة
أ) صمام كهربائي (تمثيل عام)
ب) توصيلة قنطرية أحادية القطب
أ) كاثود زئبقي ، تمثيل عام
ب) بأنود استثارة
أ) كاثود زئبقي بأنود إشعال
ب) بإصبع إشعال
مقوم صمامي
أ) تمثيل عام لتقويم نصف الموجة
ب) بكاثود مسخن مباشرة
ج) لتقويم كامل للموجة
أ) مقوم صمامي ومضي (بكاثود بارد)
ب) مصباح ومضي
صمام بوميض ضوئي
وعاء تفريغ كهربائي مملوء بالغاز
أ) بشبكة تحكم
ب) بأنودي إشعال واستثارة
مقوم ببخار الزئبق
أ) بأنودي إشعال واستثارة
ب) كالسابق ولكن بشبكة تحكم إضافية
رمز التوصيل المختصر
رمز التوصيل
التسمية
6
6
وعاء ببخار الزئبق متعدد الأنودات مكون من :
6 أنودات
6 شبكات تحكم
أنود إشعال واحد
أنودي استثارة
6
800 V
1000 A
800 V
1000 A
مقوم ببخار الزئبق بتوصيلة نجمة سداسية أو توصيلة النقطة المركزية السداسية
الوعاء يضم :
6 أنودات
أنود إشعال واحد
أنود استثارة واحد
800 V/1000 A تيار مستمر
أمثلة للتوصيل
مبدل التيار المستمر بملامس
بأنود إشعال مغمور
بشبكة تحكم
(الأنودات المساعدة غير موضحة بالرسم)



مقومات أشباه الموصلات

المنحنيات الخصائصية لمقوم سليكوني

المنحنى الخصائصي لمقوم جرمانيوم

المنحنى الخصائصي لمقوم Cu_2O ومقوم سلنيوم

I_f = التيار في اتجاه التوصيل
I_{inv} = التيار في اتجاه الحجز (العكسي)
inv = اتجاه الحجز (عكسي)
f = اتجاه التوصيل (أمامي)

المقوم	Cu_2O	Se	Ge	Si
جهد الحجز (العكسي) (V)	5...8	30...40	110	380
الجهد الحدي (الوصل) (V)	0,1...0,2	0,3...0,5	0,2...0,3	0,7...0,8
قدرة تحمل التيار (A/cm^2): بتبريد خارجي	0,14	0,1...0,25	100	200
بدون تبريد خارجي	0,04	0,05...0,07	40	70...80
درجة الحرارة العظمى للتشغيل (°C)	50	85	65	140
الكفاية (η) لعنصر واحد	0,70...0,78	0,80...0,92	0,95...0,98	0,99...0,996

مقارنة:	Se	Si
الحساسية لدائرة القصر وزيادة الحمل	غير حساس	حساس: يجب الفصل عند مرور 15 ضعفا من التيار الإسمي خلال 2 ms
الكفاية	تتوقف على الحمل، وهي أكبر بنحو 5% في حالة نصف الحمل عنها في حالة الحمل الإسمي.	لا تتوقف عمليا على الحمل
ثبات الجهد	يتزايد الجهد في حالة اللاحمل	ثابت عمليا
نسبة التيار: $\frac{I_{inv}}{I_F}$	عند I_{inv} = 2 V 1 : 8 000 I_{inv} = 18 V 1 : 75	I_{inv} = 100 V 1 : 1000 000 I_{inv} = 400 V 1 : 500 000

مجال الاستخدام للمقوّمات

الاستخدام: التحليل الكهربائي؛ الطلاء بالترسيب الكهربائي؛ تجهيزات إدارة منشآت الدلفنة؛ تجهيزات إدارة العدد؛ مركبات الترام؛ شحن البطاريات؛ جهاز إرسال لاسلكي؛ جهاز استقبال (راديو)؛ طلاء كهروستاتي بالللك

نوع المقوم: مبدل تلامسي؛ مقوم سليكوني؛ مقوم سلنيومي؛ مقوم زئبقي؛ مقومات سلنيومية أو سليكونية؛ مقوم زئبقي؛ مقومات سلنيومية أو سليكونية أو زئبقية؛ مقومات جرمانيومية أو هغنومية أو سلنيومية؛ مقومات سلنيومية أو سليكونية

الجهد: V 1، 10، 100، 1000، 10000
التيار: A 1/100، 1/10، 1، 10، 100، 1000، 10000

مثال: مقوم سليكون					
المساحة المقوّمة بوحدة (mm^2)	3	12	25	50	150
التيار الإسمي بوحدة (A)	2,5	9	20	80	200

الرمز المميز للمقومات الجافة

طبقا للمواصفات DIN 41762

مثال: B 80/60 – 10

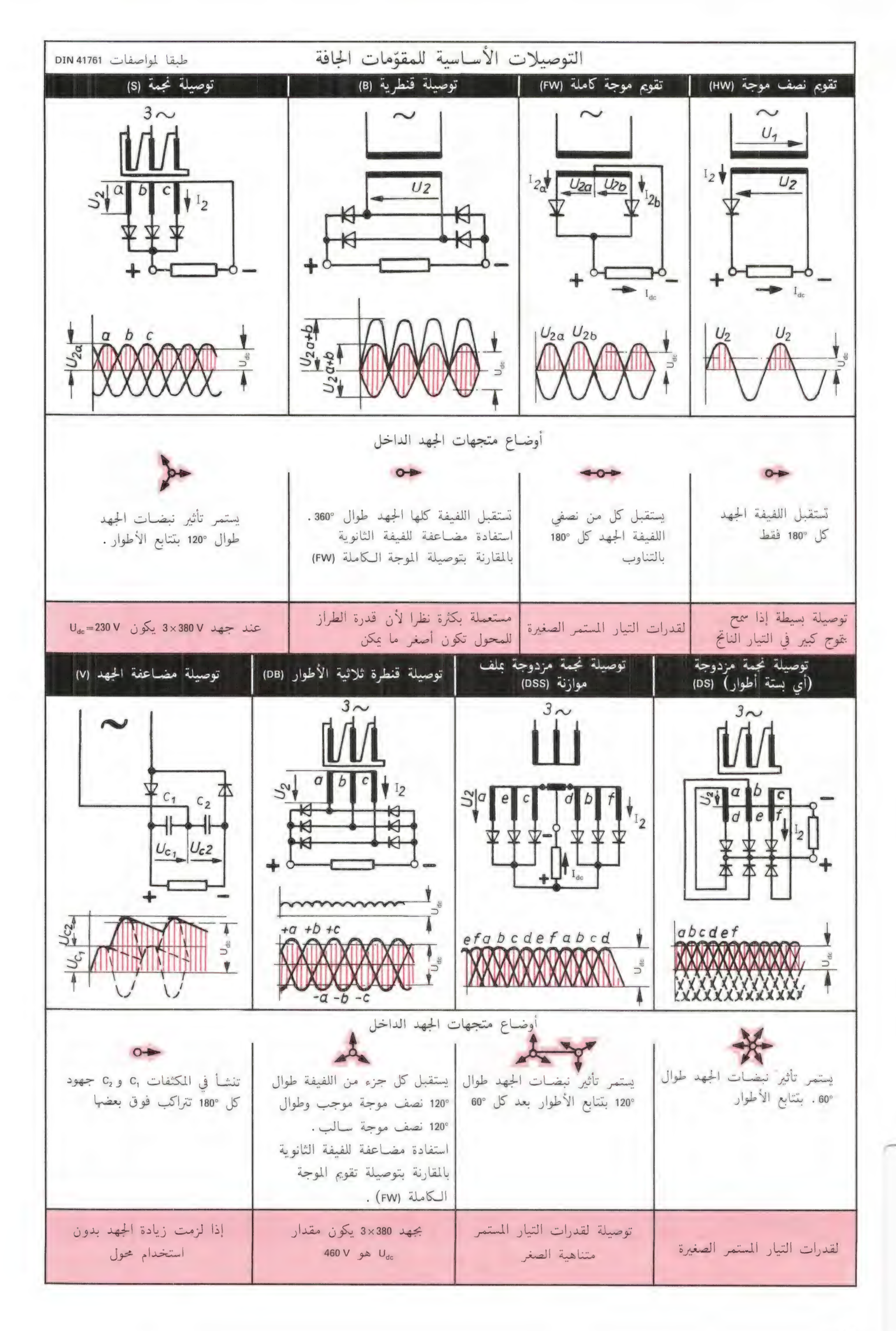
التيار المستمر الإسمي	الجهد المستمر الإسمي	جهد التوصيل	التوصيلة
—10 = 10 A	/60 = 60 V	80 = 80 V	B توصيلة قنطرية
—100 = 100 A	/230 = 230 V	220 = 220 V	S توصيلة نجمة

في حالة التحميل بالمكثفات يستغنى عن الخط المائل وبيانات الجهد المستمر الإسمي والشرطة الأفقية.
وبدلا من ذلك يكتب الحرف الأبجدي C مثال ذلك: B 80 C 10

كفاية مقوّمات بخار الزئبق

تزداد الكفاية بزيادة الجهد نظرا لثبات هبوط الجهد في المقوم تقريبا لجميع الجهود. هبوط الجهد في القوس الكهربائي: من 15 V إلى 25 V

الجهد المستمر U_{dc} بوحدة (V)	50 V	110 V	220 V	440 V	1000 V	ملاحظات
الكفاية $\eta\ \left(\frac{U_{dc}}{U_{dc}+U}\right)$	0,67	0,81	0,89	0,94	0,97	لم تؤخذ مقادير الفقد بالمحول التابع للمقوم في الاعتبار في بيانات الجدول الموضحة



التوصيلات الأساسية للمقوّمات الجافة
طبقا لمواصفات DIN 41761
تقويم نصف موجة (HW)
تقويم موجة كاملة (FW)
توصيلة قنطرية (B)
توصيلة نجمة (S)
أوضاع متجهات الجهد الداخل
تستقبل اللفيفة الجهد كل 180° فقط
يستقبل كل من نصفي اللفيفة الجهد كل 180° بالتناوب
تستقبل اللفيفة كلها الجهد طوال 360° . استفادة مضاعفة للفيفة الثانوية بالمقارنة بتوصيلة الموجة الكاملة (FW)
يستمر تأثير نبضات الجهد طوال 120° بتتابع الأطوار .
توصيلة بسيطة إذا سمح بتموج كبير في التيار الناتج
لقدرات التيار المستمر الصغيرة
مستعملة بكثرة نظرا لأن قدرة الطراز للمحول تكون أصغر ما يمكن
عند جهد 3×380 V يكون Udc=230 V
توصيلة نجمة مزدوجة (أي بستة أطوار) (DS)
توصيلة نجمة مزدوجة بملف موازنة (DSS)
توصيلة قنطرة ثلاثية الأطوار (DB)
توصيلة مضاعفة الجهد (V)
أوضاع متجهات الجهد الداخل
يستمر تأثير نبضات الجهد طوال 60° . بتتابع الأطوار
يستمر تأثير نبضات الجهد طوال 120° بتتابع الأطوار بعد كل 60°
يستقبل كل جزء من اللفيفة طوال 120° نصف موجة موجب وطوال 120° نصف موجة سالب . استفادة مضاعفة للفيفة الثانوية بالمقارنة بتوصيلة تقويم الموجة الكاملة (FW) .
تنشأ في المكثفات C1 و C2 جهود كل 180° تتراكب فوق بعضها
لقدرات التيار المستمر الصغيرة
توصيلة لقدرات التيار المستمر متناهية الصغر
بجهد 3×380 يكون مقدار Udc هو 460 V
إذا لزمت زيادة الجهد بدون استخدام محول



توصيلات نقطة التفرع (الوسط) شائعة الاستعمال للمقوّمات

اسم التوصيلة	ثنائية الطور (أحادية الطور بتقويم موجة كاملة)	نجمة / متعرجة	دلتا / نجمة	نجمة / شعبة
مجموعة التوصيل		Yz 5 (C 3)	Dy 5 (C 1)	F 3
التوصيلة جانب الشبكة / جانب المقوم	U_1 / U_2	U_1 / U_2	U_1 / U_2	U_1 / U_2
الجهد المستمر في حالة اللاحمل U_{dc} [1] / الجهد الثانوي U_2	0,9	1,17	1,17	1,35
التيار المستمر I_{dc} / التيار المتردد للشبكة I عند : $\frac{U_2}{U_1}=1$ [2]	1	2,15	1,24	2,15
التموج في الجهد المستمر (%) (تيار مستمر بدون تحكم)	48	18	18	4,4
اسم التوصيلة	دلتا / شعبة	نجمة / نجمة مزدوجة ، مع ملف توازن	دلتا / نجمة مزدوجة مع ملف توازن	دلتا / نجمة مزدوجة
مجموعة التوصيل	G 3	F 2	G 2	F 1
التوصيلة جانب الشبكة / جانب المقوم	U_1 / U_2	U_1 / U_2 / U_3	U_1 / U_2 / U_3	U_1 / U_2
الجهد المستمر في حالة اللاحمل U_{dc} [1] / الجهد الثانوي U_2	1,35	1,17	1,17	1,35
التيار المستمر I_{dc} / التيار المتردد للشبكة I عند : $\frac{U_2}{U_1}=1$	1,24	2,45	1,41	1,22
التموج في الجهد المستمر (%) (تيار مستمر بدون تحكم)	4,4	4,4	4,4	4,4

يجب مراعاة هبوط الجهد u في المقوم (أنظر أسفل الصفحة) عند حساب جهد الطور الثانوي U_2 .

مثال : الجهد المستمر المطلوب = 460 V ، وهبوط الجهد المتوقف على التيار (6%) هو u = 20 V ونوع التوصيلة : Yz 5.

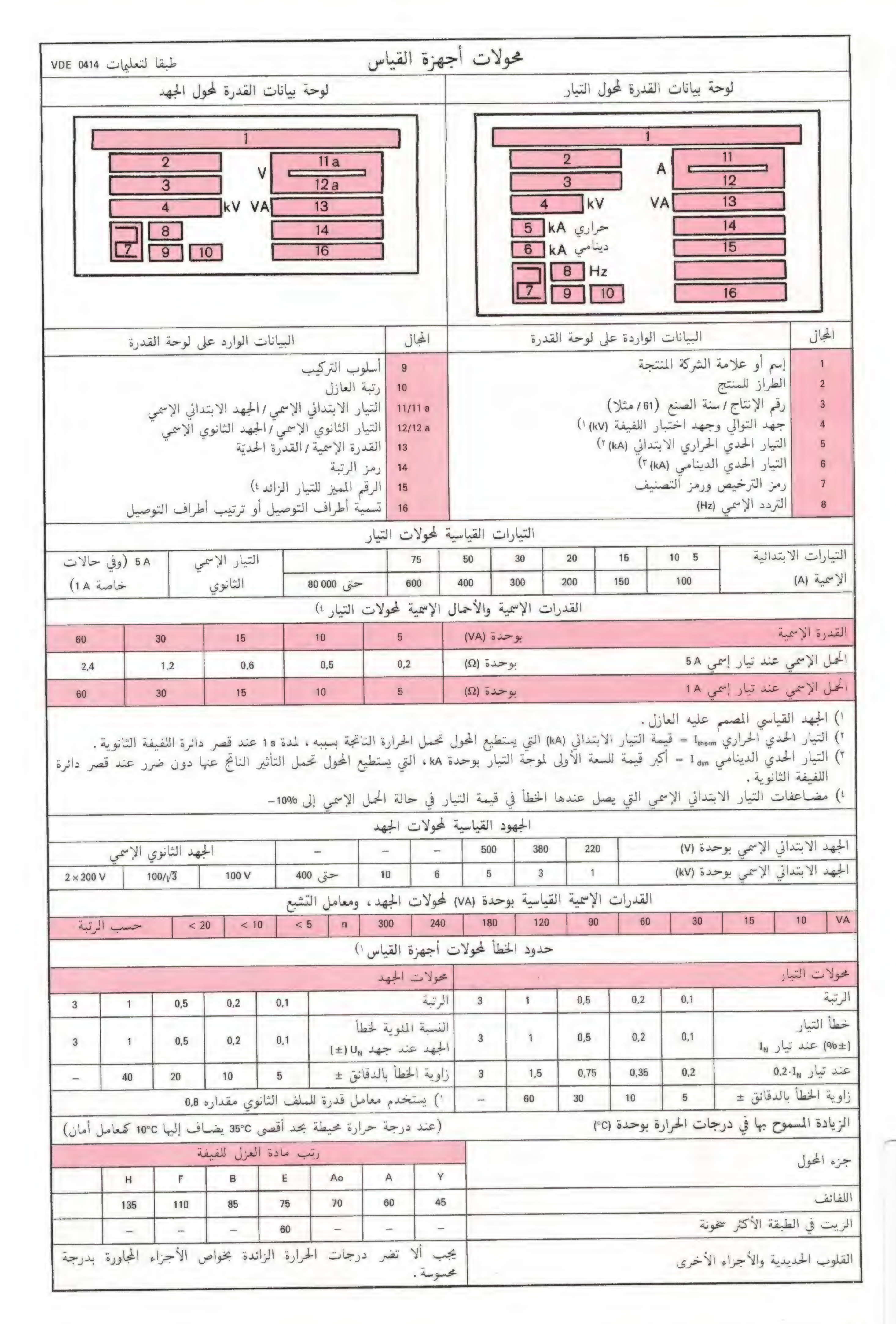
$$U_{dc}=\frac{460+20}{0,94}=510\ V \quad ، \quad U_2=\frac{510}{1,17}=436\ V$$

[1] الجهد المستمر في حالة اللاحمل = من 1,06 إلى 1,08 × الجهد المستمر في حالة الحمل الإسمي [2] بخانق تسوية

تحميل مقوّمات السلنيوم بوحدة (A) ذات ألواح بمقاسات (mm)

AEG

مقاس اللوح	HW	FW	B	التوصيلة S	dS	dSS	DB
20 ⌀	0,06	0,12	0,12	0,18	0,3	0,36	0,18
25 ⌀	0,12	0,25	0,25	0,37	0,6	0,75	0,37
32 □	0,25	0,50	0,50	0,75	1,2	1,5	0,75
45 □	0,50	1,0	1,0	1,5	2,5	3,0	1,5
60 □	0,75	1,5	1,5	2,2	3,7	4,5	2,2
75 □	1,5	3,0	3,0	4,5	7,5	9,0	4,5
100 □	2,5	5,0	5,0	7,5	12	15	7,5
100 x 200	5,0	10	10	15	25	30	15
100 x 300	7,5	15	15	22,5	37,5	45	22,5
200 x 300	15,0	30	30	45	75	90	45



محولات أجهزة القياس

طبقا لتعليمات VDE 0414

لوحة بيانات القدرة لمحول التيار	لوحة بيانات القدرة لمحول الجهد

المجال	البيانات الواردة على لوحة القدرة
1	إسم أو علامة الشركة المنتجة
2	الطراز للمنتج
3	رقم الإنتاج / سنة الصنع (61 / مثلا)
4	جهد التوالي وجهد اختبار اللفيفة (kV) [1]
5	التيار الحدي الحراري الابتدائي (kA) [2]
6	التيار الحدي الدينامي (kA) [3]
7	رمز الترخيص ورمز التصنيف
8	التردد الإسمي (Hz)

المجال	البيانات الوارد على لوحة القدرة
9	أسلوب التركيب
10	رتبة العازل
11/11 a	التيار الابتدائي الإسمي / الجهد الابتدائي الإسمي
12/12 a	التيار الثانوي الإسمي / الجهد الثانوي الإسمي
13	القدرة الإسمية / القدرة الحديّة
14	رمز الرتبة
15	الرقم المميز للتيار الزائد [4]
16	تسمية أطراف التوصيل أو ترتيب أطراف التوصيل

التيارات القياسية لمحولات التيار

التيارات الابتدائية الإسمية (A)	5	10	15	20	30	50	75		التيار الإسمي الثانوي	5 A (وفي حالات خاصة 1 A)
	100		150	200	300	400	600	حتى 80 000		

القدرات الإسمية والأحمال الإسمية لمحولات التيار [4]

		5	10	15	30	60
القدرة الإسمية	بوحدة (VA)	5	10	15	30	60
الحمل الإسمي عند تيار إسمي 5 A	بوحدة (Ω)	0,2	0,5	0,6	1,2	2,4
الحمل الإسمي عند تيار إسمي 1 A	بوحدة (Ω)	5	10	15	30	60

[1] الجهد القياسي المصمم عليه العازل.

[2] التيار الحدي الحراري I_{therm} = قيمة التيار الابتدائي (kA) التي يستطيع المحول تحمل الحرارة الناتجة بسببه، لمدة 1 s عند قصر دائرة اللفيفة الثانوية.

[3] التيار الحدي الدينامي I_{dyn} = أكبر قيمة للسعة الأولى لموجة التيار بوحدة kA، التي يستطيع المحول تحمل التأثير الناتج عنها دون ضرر عند قصر دائرة اللفيفة الثانوية.

[4] مضاعفات التيار الابتدائي الإسمي التي يصل عندها الخطأ في قيمة التيار في حالة الحمل الإسمي إلى 10%-

الجهود القياسية لمحولات الجهد

الجهد الابتدائي الإسمي بوحدة (V)	220	380	500	–	–	–	الجهد الثانوي الإسمي		
الجهد الابتدائي الإسمي بوحدة (kV)	1	3	5	6	10	حتى 400	100 V	100/√3	2 × 200 V

القدرات الإسمية القياسية بوحدة (VA) لمحولات الجهد، ومعامل التشبع

VA	10	15	30	60	90	120	180	240	300	n	< 5	< 10	< 20	حسب الرتبة

حدود الخطأ لمحولات أجهزة القياس [1]

محولات التيار					
الرتبة	0,1	0,2	0,5	1	3
خطأ التيار (%±) عند تيار I_N	0,1	0,2	0,5	1	3
عند تيار $0,2 \cdot I_N$	0,2	0,35	0,75	1,5	3
زاوية الخطأ بالدقائق ±	5	10	30	60	–

محولات الجهد					
الرتبة	0,1	0,2	0,5	1	3
النسبة المئوية لخطأ الجهد عند جهد U_N (±)	0,1	0,2	0,5	1	3
زاوية الخطأ بالدقائق ±	5	10	20	40	–

[1] يستخدم معامل قدرة للملف الثانوي مقداره 0,8

الزيادة المسموح بها في درجات الحرارة بوحدة (°C) (عند درجة حرارة محيطة بحد أقصى 35°C يضاف إليها 10°C كمعامل أمان)

جزء المحول	رتب مادة العزل للفيفة							
	Y	A	Ao	E	B	F	H	
اللفائف	45	60	70	75	85	110	135	
الزيت في الطبقة الأكثر سخونة	–	–	–	60	–	–	–	
القلوب الحديدية والأجزاء الأخرى	يجب ألا تضر درجات الحرارة الزائدة بخواص الأجزاء المجاورة بدرجة محسوسة.							



محولات أجهزة القياس

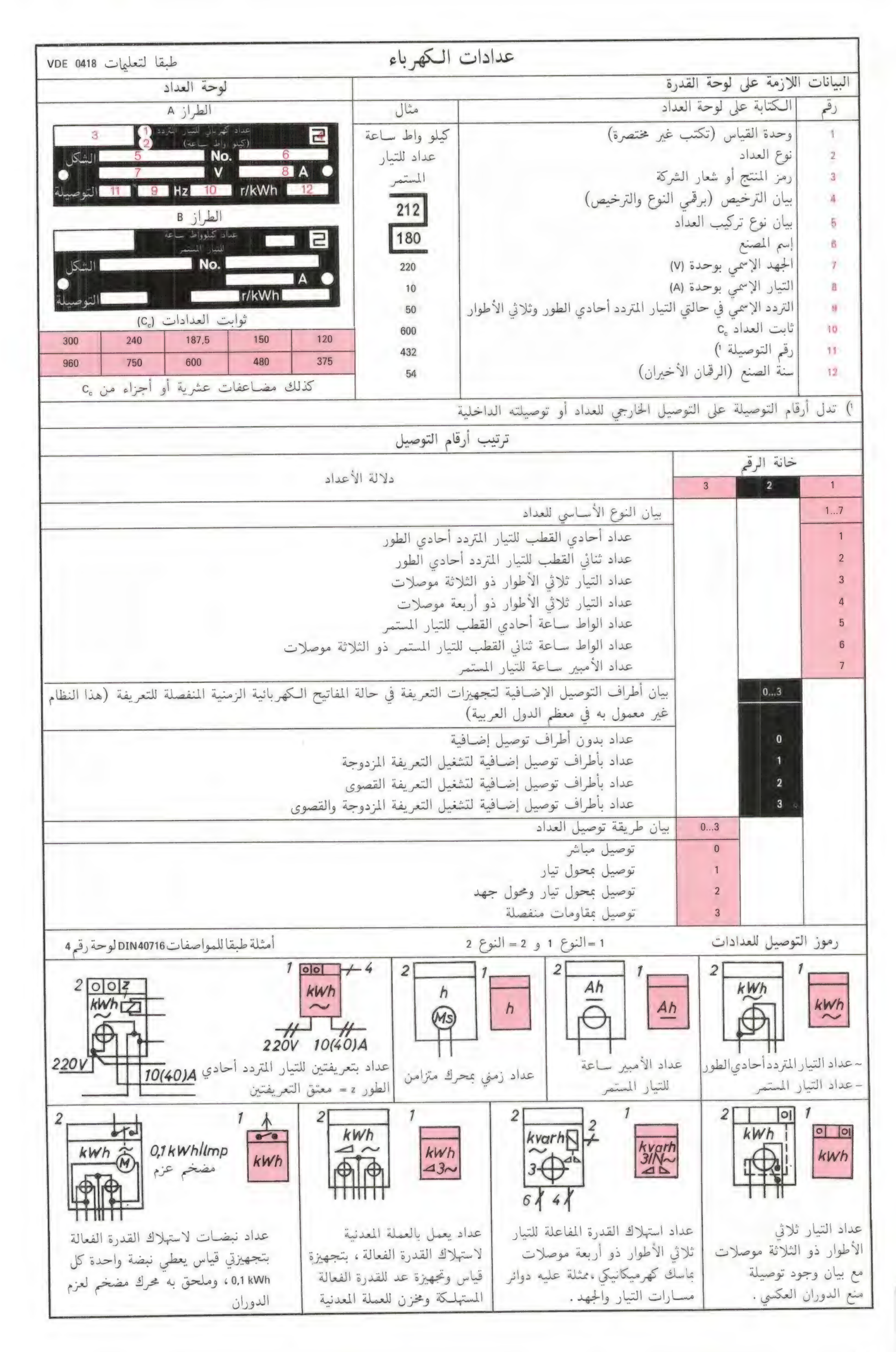
محولات الجهد		محولات التيار	
رمز التوصيل	الرمز المختصر	رمز التوصيل	الرمز المختصر
أو	أو	أو	أو
بلفيفتين ثانويتين		بقلبين	
أو	أو / أو	أو	أو

أمثلة

الجهد الابتدائي 400 V الجهد الثانوي 100 V القدرة الإسمية 30 VA الرتبة 0,5	400V / 100V, 30VA, Kl 0,5 (U, u, V, v)	التيار الابتدائي 100 A التيار الثانوي 5 A القدرة الإسمية 15 VA الرتبة 1	100A / 5A, 15VA, Kl 1 (K, k, L, l)
الجهد الابتدائي 1000 V بلفيفتين ثانويتين جهد كل منهما 100 V	1000 V / 100V 100V, 60VA, Kl 1 (U, u_a, u_b, v_a, V, v_b)	التيار الابتدائي 100 A بلفيفتين ثانويتين ، تيار كل منهما 5 A	100A / 5A 5A, 30VA, Kl 1 (K, 1k, 1l, 2k, 2l, L)
محول بجهدين إسميين في الملف الابتدائي ينتجان بتغيير التوصيل .	2 x 100A / 100V (U_a, U_b, V_a, V_b, u, v)	محول بتيارين إسميين في الملف الابتدائي ينتجان بتوصيل اللفيفتين معا .	2 x 100A / 5A (K_a, K_b, L_a, L_b, k, l)
محولا جهد بتوصيلة V في خط تيار ثلاثي الأطوار	(U, u, V, v, V, v, W, w) 2	ثلاثة محولات تيار في خط تيار ثلاثي الأطوار	(K, K, K, k, l, k, l, k, l, L, L, L) 6

دوائر قياس بأجهزة قياس التيار والجهد والقدرة ومعامل القدرة وعدادات وأجهزة تسجيل للقدرة المفاعلة .

يتم تأريض محولات التيار عند أطراف التوصيل K ومحولات الجهد عند أطراف التوصيل V .
في محولات التيار يعني الحرف K= جانب محطة القوى والحرف L جانب الخط



عدادات الكهرباء

طبقا لتعليمات VDE 0418

البيانات اللازمة على لوحة القدرة

رقم	الكتابة على لوحة العداد	مثال
1	وحدة القياس (تكتب غير مختصرة)	كيلو واط ساعة
2	نوع العداد	عداد للتيار المستمر
3	رمز المنتج أو شعار الشركة	
4	بيان الترخيص (برقمي النوع والترخيص)	212 / 180
5	بيان نوع تركيب العداد	
6	إسم المصنع	
7	الجهد الإسمي بوحدة (V)	220
8	التيار الإسمي بوحدة (A)	10
9	التردد الإسمي في حالتي التيار المتردد أحادي الطور وثلاثي الأطوار	50
10	ثابت العداد C_c	600
11	رقم التوصيلة [1]	432
12	سنة الصنع (الرقمان الأخيران)	54

لوحة العداد

ثوابت العدادات (C_c)

120	150	187,5	240	300
375	480	600	750	960

كذلك مضاعفات عشرية أو أجزاء من C_c

[1]) تدل أرقام التوصيلة على التوصيل الخارجي للعداد أو توصيلته الداخلية

ترتيب أرقام التوصيل

خانة الرقم 1	خانة الرقم 2	خانة الرقم 3	دلالة الأعداد
1...7			بيان النوع الأساسي للعداد
1			عداد أحادي القطب للتيار المتردد أحادي الطور
2			عداد ثنائي القطب للتيار المتردد أحادي الطور
3			عداد التيار ثلاثي الأطوار ذو الثلاثة موصلات
4			عداد التيار ثلاثي الأطوار ذو أربعة موصلات
5			عداد الواط ساعة أحادي القطب للتيار المستمر
6			عداد الواط ساعة ثنائي القطب للتيار المستمر ذو الثلاثة موصلات
7			عداد الأمبير ساعة للتيار المستمر
	0...3		بيان أطراف التوصيل الإضافية لتجهيزات التعريفة في حالة المفاتيح الكهربائية الزمنية المنفصلة للتعريفة (هذا النظام غير معمول به في معظم الدول العربية)
	0		عداد بدون أطراف توصيل إضافية
	1		عداد بأطراف توصيل إضافية لتشغيل التعريفة المزدوجة
	2		عداد بأطراف توصيل إضافية لتشغيل التعريفة القصوى
	3		عداد بأطراف توصيل إضافية لتشغيل التعريفة المزدوجة والقصوى
		0...3	بيان طريقة توصيل العداد
		0	توصيل مباشر
		1	توصيل بمحول تيار
		2	توصيل بمحول تيار ومحول جهد
		3	توصيل بمقاومات منفصلة

رموز التوصيل للعدادات

1 = النوع 1 و 2 = النوع 2

أمثلة طبقا للمواصفات DIN40716 لوحة رقم 4

~ عداد التيار المتردد أحادي الطور
– عداد التيار المستمر

عداد الأمبير ساعة للتيار المستمر

عداد زمني بمحرك متزامن

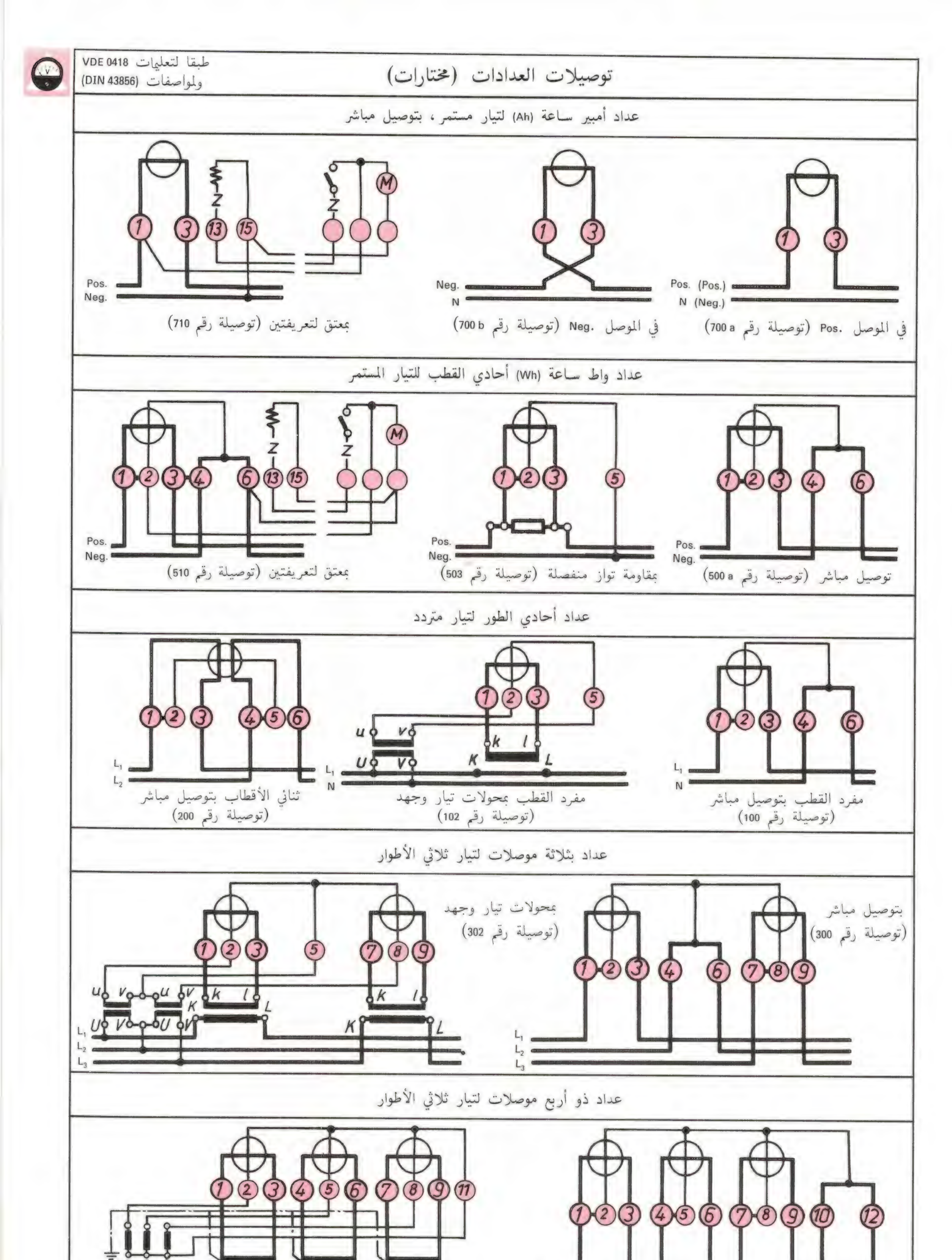
عداد بتعريفتين للتيار المتردد أحادي الطور z = معتق التعريفتين

عداد التيار ثلاثي الأطوار ذو الثلاثة موصلات مع بيان وجود توصيلة منع الدوران العكسي.

عداد استهلاك القدرة المفاعلة للتيار ثلاثي الأطوار ذو أربعة موصلات بماسك كهرميكانيكي، ممثلة عليه دوائر مسارات التيار والجهد.

عداد يعمل بالعملة المعدنية لاستهلاك القدرة الفعالة، بتجهيزة قياس وتجهيزة عد للقدرة الفعالة المستهلكة ومخزن للعملة المعدنية

عداد نبضات لاستهلاك القدرة الفعالة بتجهيزتي قياس يعطي نبضة واحدة كل 0,1 kWh، وملحق به محرك مضخم لعزم الدوران


طبقا لتعليمات VDE 0418
ولمواصفات (DIN 43856)
توصيلات العدادات (مختارات)
عداد أمبير ساعة (Ah) لتيار مستمر ، بتوصيل مباشر
Pos. (Pos.)
N (Neg.)
في الموصل .Pos (توصيلة رقم 700 a)
Neg.
N
في الموصل .Neg (توصيلة رقم 700 b)
Pos.
Neg.
Z
M
بمعتق لتعريفتين (توصيلة رقم 710)
عداد واط ساعة (Wh) أحادي القطب للتيار المستمر
Pos.
Neg.
توصيل مباشر (توصيلة رقم 500 a)
Pos.
Neg.
بمقاومة تواز منفصلة (توصيلة رقم 503)
Pos.
Neg.
بمعتق لتعريفتين (توصيلة رقم 510)
عداد أحادي الطور لتيار متردد
L1
N
مفرد القطب بتوصيل مباشر
(توصيلة رقم 100)
u v U V k l K L
L1
N
مفرد القطب بمحولات تيار وجهد
(توصيلة رقم 102)
L1
L2
ثنائي الأقطاب بتوصيل مباشر
(توصيلة رقم 200)
عداد بثلاثة موصلات لتيار ثلاثي الأطوار
بتوصيل مباشر
(توصيلة رقم 300)
L1
L2
L3
بمحولات تيار وجهد
(توصيلة رقم 302)
u v u v k l K L U V U V
L1
L2
L3
عداد ذو أربع موصلات لتيار ثلاثي الأطوار
L1
L2
L3
N
بتوصيل مباشر (توصيلة رقم 400 a)
L1
L2
L3
بمحولات تيار وجهد (توصيلة رقم 402)

أجهـزة الـقيـاس

الأشكال الرمزية لأجهزة القياس والـكتابة على التداريج	طبقا لتعليمات VDE 0410

الرمز	المعنى	الرمز	المعنى	الرمز	المعنى
	جهاز بملف متحرك بمغنطيس دائم		جهاز قياس النسبة بمغنطيس متحرك		الأجزاء المكونة
	جهاز قياس النسبة بملف متحرك		جهاز بسلك تسخين		محول حراري (تمثيل عام)
	جهاز قياس دينامي كهربائي بدون قلب حديدي		جهاز حثي		محول حراري معزول
	جهاز قياس دينامي كهربائي بغلاف حديدي		مقياس حثي للنسبة		مقوم
	جهاز دينامي كهربائي لقياس النسبة بدون قلب حديدي		جهاز بملف متحرك مع محول حراري		جهاز بحاجب حديدي (رمز الحاجب)
	جهاز قياس دينامي كهربائي للنسبة بغلاف حديدي		جهاز بملف متحرك بمقوم قياس		جهاز بحاجب كهروستاتي (رمز الحاجب)
	جهاز ذو قلب حديدي متحرك		جهاز بمزدوجة معدنية		نبيطة (تجهيزة) ضبط وضع الصفر للمؤشر
	جهاز قياس للنسبة ذو قلب حديدي متحرك		جهاز كهروستاتي		انتبه (إتبع تعليمات الاستخدام)
	جهاز بإبرة حديدية		جهاز اهتزاز		الجهاز غير مطابق للتعليمات فيما يختص بالجهد الاختباري
	جهاز بمغنطيس متحرك	ast	جهاز لا إستاتي	V	إحترس . جهد عالي ، كذلك بالجهاز

تصنيف الرتب ودقة القياس

	أجهزة القياس الدقيق			أجهزة القياس للاستخدام في الصناعة			
الرتبة	0,1	0,2	0,5	1	1,5	2,5	5
الخطأ المسموح به للمؤشر (% ±)	0,1	0,2	0,5	1	1,5	2,5	5

دقة مقاومات التوازي والتوالي القابلة للتغيير

الرتبة	0,05	0,1	0,2	0,5
الانحراف المسموح به عن القيمة الإسمية كنسبة مئوية للقيمة الإسمية (±)	0,05	0,1	0,2	0,5

نجمة الجهد الاختباري

النجمة	جهد الاختبار (V)	الجهود التشغيل (V)	النجمة	جهد الاختبار (V)	الجهود التشغيل (V)
☆	500	حتى 40	☆20	20 000	أعلى من 3000 حتى 6000
☆2	2000	أعلى من 40 حتى 650	☆30	30 000	أعلى من6000 حتى 10 000
☆3	3000	أعلى من 650 حتى 1000	☆50	50 000	أعلى من10000 حتى 15 000
☆5	5000	أعلى من 1000 حتى 1500	☆2	أجهزة للتوصيل بمحولات قياس 2000 V	
☆10	10000	أعلى من 1500 حتى 3000			

شكل رمزي لوضع الاستعمال

الرمز	المعنى
⊥	وضع الاستعمال رأسي
⊓	وضع الاستعمال أفقي
∠30°	وضع الاستعمال مائل مع بيان الزاوية

شكل رمزي خاص لنوع التيار لأجهزة التيار ثلاثي الأطوار

الرمز	المعنى
≈	أجهزة قياس بتركيبة قياس واحدة
≈	أجهزة قياس بتركيبتي قياس
≈	أجهزة قياس بثلاثة تركيبات قياس

أمثلة لأجهزة قياس مع الـكتابة

الـكتابة (البيانات)	المعنى	الـكتابة (البيانات)	المعنى
⊥ 0,5 ☆2	جهاز قياس بملف متحرك من الرتبة 0,5 لوضع الاستعمال الرأسي للتيار المستمر ، بجهد اختبار 2000 V	∠60° 1,5 ≈ ☆2 $\frac{3000}{100}$ V $\frac{25}{5}$ A	جهاز قياس دينامي كهربائي من الرتبة 1,5 بغلاف حديدي ، لوضع الاستعمال المائل (60°) بتيار ثلاثي الأطوار لأي تحميل للموصلات الخارجية وللتوصيل بمحولات تيار وجهد .



رموز التوصيل

طبقا للمواصفات
DIN 40716

لأجهزة القياس	لتركيبة القياس (هذه الرموز يمكن رسمها داخل الرموز من ١ إلى ٣)	
١ – جهاز قياس ذو مبين (تمثيل عام) ٢ – كالسابق ولكن بتسجيل للقيم (نسبة الأضلاع 1:1) ٣ – كالسابق ولكن بعداد نسبة الأضلاع (1+0,25) : 1	٤ – تركيبة قياس (تمثيل عام) ٥ – مسلك الجهد ٦ – مسلك التيار	٧ – لتكوين حاصل الجمع أو الفرق ٨ – لتكوين حاصل الضرب ٩ – لتكوين خارج القسمة

الرموز المميزة (يمكن رسمها داخل الرموز من ١ إلى ٣)

١ – مؤشر (تمثيل عام) ٢ – مؤشرات تنحرف في اتجاهين (نقطة الصفر في الوسط) ٣ – بواسطة اهتزازات ٤ – التوقيت اليومي	٥ – بيان بالكتابة (تسجيل) ٦ – بيان بنقط (تسجيل نقطي) ٧ – اتجاه المجال الدوار ٨ – حدوث تلامس	٩ – بيان القيمة العظمى ١٠ – بيان القيمة الصغرى ١١ – بقصور ذاتي ضئيل ١٢ – بقصور ذاتي كبير

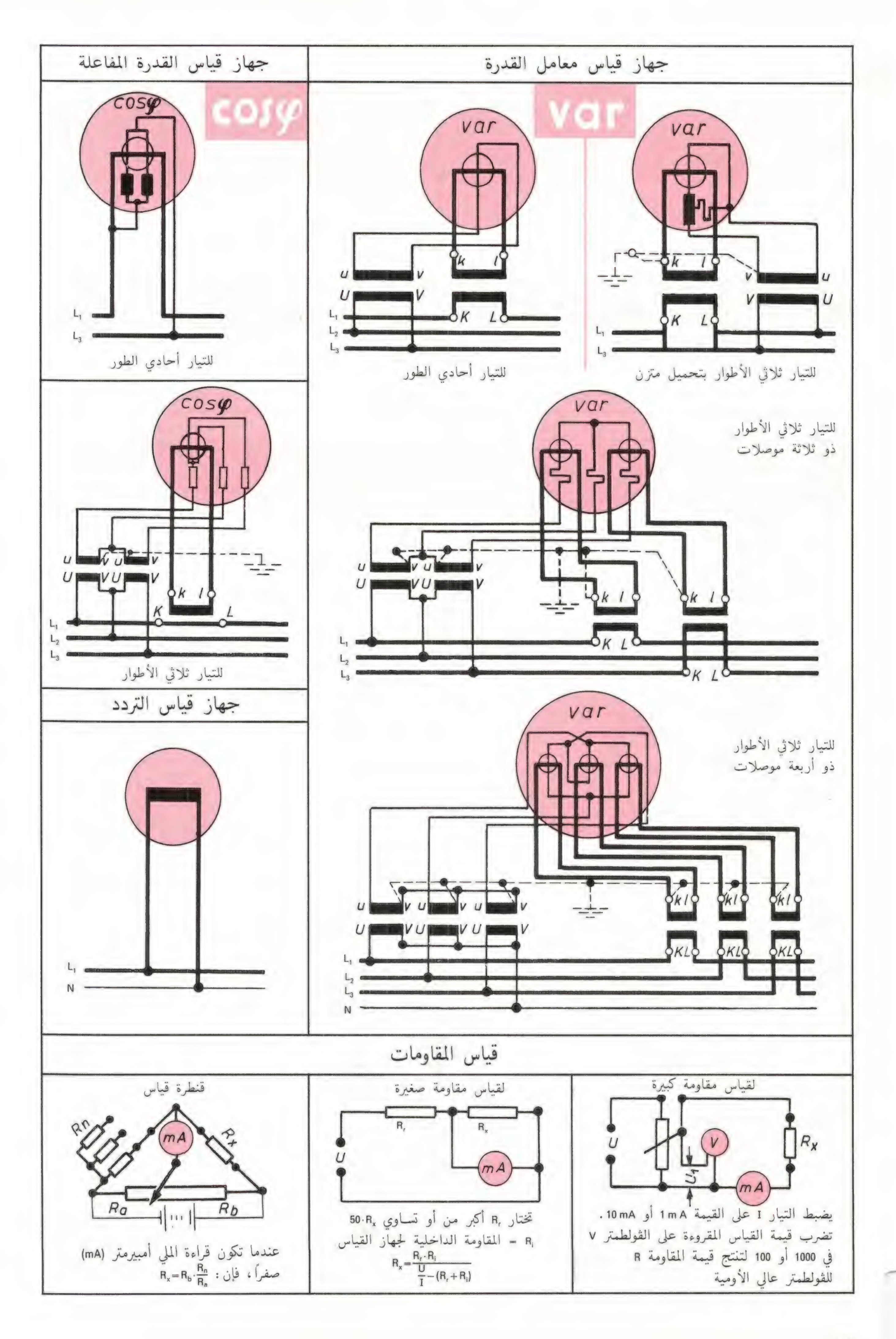
أمثلة

A V W var | V-A-Ω A cosφ Hz | W-Var Ω kWh

١ – أمبيرمتر (أميتر) ٢ – ڤولطمتر ٣ – مقياس القدرة (الفعالة) ٤ – مقياس القدرة المفاعلة	٥ – جهاز قياس متعدد الأغراض ٦ – أمبير متر ذو مؤشر سحب تابع لبيان القيمة العظمى، ذو قصور ذاتي ٧ – جهاز قياس التردد ٨ – جهاز قياس معامل القدرة cos φ	٩ – مسجل مزدوج لرسم المنحنيات لرسم القدرتين الفعالة والمفاعلة ١٠ – قنطرة قياس المقاومات ١١ – عداد للتيار الثلاثي الأطوار ذو ثلاثة موصلات

أمثلة للتوصيلات

دائرة توصيل عادية لأمبيرمتر. وأيضا (Pos. (L_1), Neg. (N))	بمقاومة على التوازي لقياس التيارات الكبيرة (Pos. (L_1), Neg. (N))	بمحول تيار، لقياس التيارات الكبيرة (تؤرض النقطة k في حالة الجهد العالي) (k, l, K, L, L_1, L_2)
دائرة توصيل عادية لقياس الجهد. وأيضا: هذا الرمز (U) (Pos. (L_1), Neg. (N))	بمقاومة على التوالي لقياس الجهود الكبيرة (Pos. (L_1), Neg. (N))	بمحول جهد (تؤرض النقطة v في حالة الجهد العالي) (u, v, U, V, L_1, N)
مقياس قدرة للتيار المستمر، مقياس القدرة الفعالة للتيار أحادي الطور (W; 1 2 3 5; Neg. (L_1), Pos. (N))	بمحولات تيار وجهد (W; 1 2 3 5; u, v, U, V, k, K, l, L)	مقياس القدرة الفعالة للتيار الثلاثي الأطوار ذو ثلاثة موصلات بتحميل متزن (متساو في المقدار) (W; 1 2 3 5 8; k, l, K, L, L_1, L_2, L_3)
مقياس القدرة الفعالة للتيار ثلاثي الأطوار بأربعة موصلات وبتحميل متزن (متساو في المقدار) (W; 1 2 3 11; K, k, l, L, L_1, L_2, L_3, N)	للتيار ثلاثي الأطوار ذو ثلاثة موصلات وبتحميل اختياري (W; 1 2 3 5 7 8 9; L_1, L_2, L_3)	للتيار ثلاثي الأطوار ذو أربعة موصلات وبتحميل اختياري (W; 1 8 3 4 5 6 7 2 9; L_1, L_2, L_3, N)

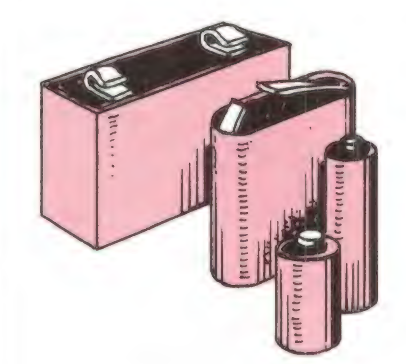


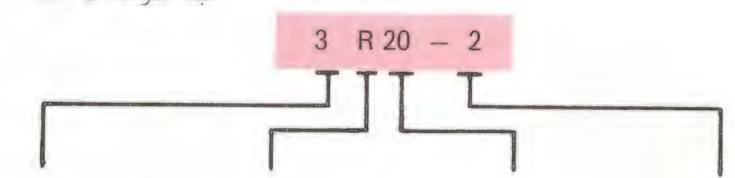
جهاز قياس القدرة المفاعلة
جهاز قياس معامل القدرة
cosφ
var
للتيار أحادي الطور
للتيار أحادي الطور
للتيار ثلاثي الأطوار بتحميل متزن
u v U V k l K L
L1 L2 L3
للتيار ثلاثي الأطوار
للتيار ثلاثي الأطوار ذو ثلاثة موصلات
للتيار ثلاثي الأطوار ذو أربعة موصلات
N
جهاز قياس التردد
قياس المقاومات
قنطرة قياس
Rn
Rx
mA
Ra
Rb
عندما تكون قراءة الملي أمبيرمتر (mA) صفراً، فإن : $R_x = R_b \cdot \frac{R_n}{R_a}$
لقياس مقاومة صغيرة
R_r
R_x
U
تختار R_r أكبر من أو تساوي $50 \cdot R_x$
R_i = المقاومة الداخلية لجهاز القياس
$R_x = \frac{R_r \cdot R_i}{\frac{U}{I} - (R_r + R_i)}$
لقياس مقاومة كبيرة
V
U_1
يضبط التيار I على القيمة 1 mA أو 10 mA .
تضرب قيمة القياس المقروءة على الڤولطمتر V في 1000 أو 100 لتنتج قيمة المقاومة R للڤولطمتر عالي الأومية

الخلايا الجلفانية والبطاريات

يرمز للخلايا والبطاريات برموز مختصرة مكونة من حروف أبجدية وأرقام

مثال للرمز — طبقا للمواصفات DIN 40855





مدلولات الحروف الأبجدية : R = خلية دائرية المقطع ، F = خلية (بطارية) مسطحة
S = خلية (بطارية) مربعة أو مستطيلة المقطع
A = خلية بأكسجين الهواء (تكتب كحرف إضافي قبل الحروف الدالة على الشكل ، مثال ذلك : AS 6)

الخلايا دائرية المقطع 1,5 V للإضاءة الصغيرة (S) ، ولأجهزة السمع (H) وأجهزة الترانزستور (T) وكشافات التصوير (Fl)

رقم المواصفة DIN	R 03/40860	R 1/40861	R 3/40862	R 6/40863	R 9/40864	R 14/40865	R 20/40866
المقاسات : القطر × الارتفاع	10,5 × 44,5	12 × 30	14,5 × 25	14,5 × 50,5	15,5 × 6,1	26 × 50	34 × 61,5
مجالات الاستخدام	S, H, T	H, T	H	S, H, T, Fl	H	S, T	S, T, Fl

بطاريات ذات خلايا دائرية المقطع للإضاءة الصغيرة — لأجهزة أسوار المراعي 9 V

رمز المواصفة DIN رقم المواصفة DIN	2 R 10/40867	3 R 12/40868	3 R 20/40869	4 R 25/40870	6 AS 4 و 6 S 4	6 AS 6 و 6 S 6
المقاسات l × b × h	∅ 21,5 × 74	62 × 22 × 67	102 × 36 × 76	67 × 67 × 102	168 × 113 × 114	192 × 128 × 162
الجهد الإسمي للبطارية	3 V	4,5 V	4,5 V	6 V	DIN 40873	

بطارية مستطيلة أو مربعة المقطع لأجهزة السمع (H) وكشافات التصوير (Fl) .
والبطاريات صغيرة الأنود طبقا للمواصفات DIN 40871 لوحات رقم من 1 إلى 5 ورقم 8 .

رمز المواصفة DIN	10 F 15	15 F 15	4 F 16	10 F 20	15 F 20	20 F 20
المقاسات l × b × h	16 × 15 × 35 (1)	16 × 15 × 51 (1)	16 × 16 × 20 (1)	27 × 16 × 37	27 × 16 × 51	27 × 16 × 65
الجهد الإسمي للبطارية	15 V	22,5 V	6 V	15 V	22,5 V	30 V

(1) يمكن اختيار الطراز المستدير أيضا بقطر 16

بطاريات لأجهزة الترانزستور بجهد إسمي 9 V طبقا للمواصفات DIN 40871 لوحات رقم 6 و 7 و 11 و 12 .

رمز المواصفة DIN	6 F 22	6 F 25	6 F 50 – 2	6 F 100	3 R 12 DIN 40868, 4,5 V	
المقاسات l × b × h	26,5 × 17,5 × 48	25,5 × 25,5 × 50	34,5 × 36 × 70	66 × 52 × 81	62 × 22 × 67	

خلايا تجهيزات الهاتف والأجراس والإشارات بجهد إسمي 1,5 V

رمز المواصفة DIN	AS 2 و S 2	AS 4 و S 4	AS 8 و S 8	AS 10 و S 10	AS 12 و S 12	AR 40 و R 40
رقم المواصفة DIN	40872	40856	40857	40858	40889	40859
المقاسات l × d × h	40 × 40 × 110	57 × 57 × 125	83 × 83 × 200	110 × 110 × 210	168 × 168 × 200	∅ 67 × 172

الخلية : وحدة مكونة من إلكترود موجب وإلكترود سالب وإلكتروليت وتحفظ في وعاء إذا استدعى الأمر ذلك (أنظر الخلايا الجلفانية أيضا)

العمود : ١ – خلية جلفانية . خلية في وعاء ٢ – تسمية شاملة للخلايا الإبتدائية والثانوية (المراكم)

البطارية : وحدة مكونة من عدة خلايا موصلة على التوالي أو على التوازي أو على التوالي والتوازي .

المزدوجات الحرارية

طبقا للمواصفات DIN 43710

رمز المزدوجة الحرارية	اللون	الجهد الناتج عند 100°C بوحدة (mV)	درجة الحرارة الحدية (°C) في حالة القياس المستمر	الجهد الناتج عند درجة الحرارة الحدية (mV)	درجة حرارة القياس القصوى (°C)	الجهد الناتج عند درجة حرارة القياس القصوى (mV)	متوسط الجهد الناتج بين 100°C حتى 200°C (mV/K)
Cu-كونستانتان	بني	4,25	400	21,0	600	34,30	0,050
Fe-كونستانتان	أزرق	5,37	700	39,72	900	53,15	0,056
Ni Cr-Ni	أخضر	4,10	1000	41,3	1300	52,46	0,041
Pt Rh-Pt	أبيض	0,64	1300	13,14	1600	16,72	0,008

في الرمز المختصر ، يعني رمز المعدن المذكور قبل الشرطة الجانب الموجب ، وإلى يسار الشرطة الجانب السالب للمزدوجة

المراكم الرصاصية

النوع	بلوح موجب كبير المساحة	بألواح شبكية		بألواح مقواة	
الرمز القياسي	Gro	GiS	Gi	PzS	Pz
أشكال الألواح	١ – لوح صندوقي سالب ٢ – لوح موجب كبير المساحة. تفصل الألواح عن بعضها بأنابيب زجاجية دقيقة أو سدائب خشبية رفيعة أو فاصلات مطاطية دقيقة المسام (فاصلات ميبور)	١ – لوح طرفي سالب (لوح شبكي) ٢ – لوح شبكي موجب ٣ – فاصلات مطاطية ذات مسام دقيقة ٤ – لوح بيني سالب (لوح شبكي) ٥ – لوح مثقب من البلاستيك ٦ – فاصل من الصوف الزجاجي		١ – لوح طرفي سالب ٢ – لوح مقوى موجب	٣ – لوح بيني سالب ٤ – فاصل مطاطي ذو مسام دقيقة
كثافة الحامض في : البطارية المشحونة البطارية المفرغة	Gro 1,24 g/cm³ 1,18 g/cm³	Gi 1,26 g/cm³ 1,12...1,13 g/cm³	Gi S	Pz 1,26 g/cm³ 1,14...1,15 g/cm³	PzS 1,27 g/cm³
معامل الشحن [1]	1,10	1,10...1,12	1,15...1,17	1,20	
السعة الابتدائية منسوبة للسعة الجدولية حسب الكتالوج [2]		70...75% طبقا لتعليمات المواصفات : 65%، إذا بلغت درجة حرارة الالكتروليت +30°C		90% طبقا لتعليمات المواصفات : 85%، إذا بلغت درجة حرارة الالكتروليت +30°C	
بلوغ السعة الجدولية طبقا للكتالوج بعد :		70...80 عملية تفريغ [3]		نحو 10 عمليات تفريغ [3]	
عمر التشغيل [4] للوح الموجب للوح السالب	1000 عملية تفريغ 2000...3000 عملية تفريغ	300...350 عملية تفريغ 900...1050 عملية تفريغ	600...700 عملية تفريغ 1200...1400 عملية تفريغ	1400...1500 عملية تفريغ	
معامل الوزن [5] معامل الحجم [5]	≈100 kg/kWh ≈33 dm³/kWh	≈36 kg/kWh ≈13 dm³/kWh		≈53 kg/kWh ≈19 dm³/kWh	≈35 kg/kWh ≈12 dm³/kWh
الاستخدام	البطاريات ثابتة الموضع	في العربات عديمة القضبان (العربات الكهربائية الصغيرة)		تداولها أخذ في التضاؤل	في العربات الكهربائية الصغيرة والمرفاع (الونش) ذي الشوكة والتجهيزات للإضاءة في القطارات والسفن.

يتوقف اختيار نوع المركم على ثمنه وعمر تشغيله ومعامل الوزن ومعامل الحجم والمتانة وثبات الجهد ومعامل الشحن وأسلوب التشغيل (عمليات الشحن والتفريغ والتشغيل مع الشحن والتحميل المتقطع كبدء التشغيل أو في تشغيل مرفاع الشوكة) ومقدار الصيانة اللازم.

[1]) معامل الشحن : عدد الأمبير ساعة (Ah) اللازمة للشحن مقسوما على عدد الأمبير ساعة اللازمة لعملية التفريغ.
[2]) السعة الجدولية طبقا للكتالوج : سعة التفريغ لتيار تفريغ أو زمن تفريغ معين. [3]) توقف عملية التفريغ بعد أخذ 80% من سعة التفريغ.
[4]) عند التفريغ وفقا لتعليمات المواصفات القياسية. [5]) قيم متوسطة.

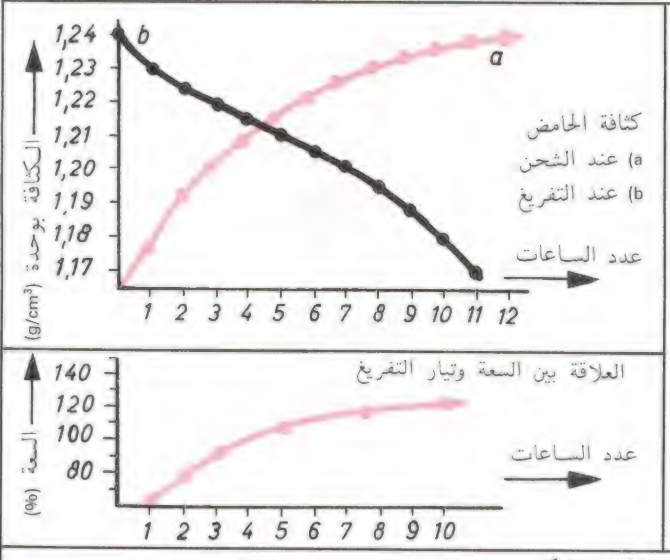
خواص التشغيل للمراكم الرصاصية :

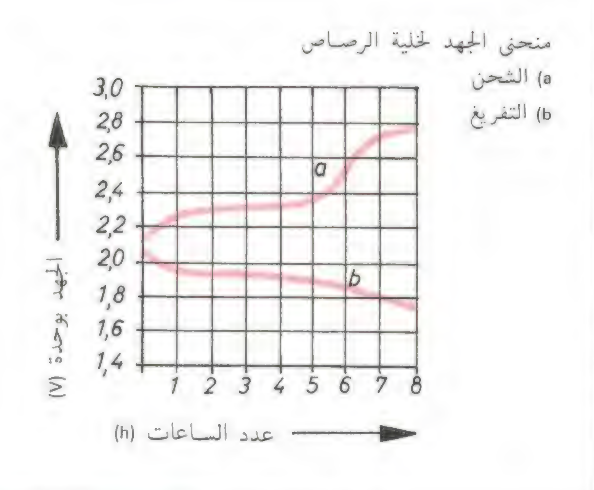
١ – قيمة السعة غير ثابتة، إذ إنها تكون كبيرة لتيارات التفريغ الصغيرة وصغيرة لتيارات التفريغ الكبيرة (أنظر الرسم البياني على الصفحة التالية)
٢ – تزداد السعة مع تكرار إيقاف عملية التفريغ وكلما طالت مدة إيقاف التفريغ.
٣ – عند انخفاض درجة الحرارة عن درجة حرارة التشغيل (30°C)، ينخفض كل من الجهد المتوسط للأطراف (بصورة ضئيلة) والسعة. وتزداد السعة مع زيادة درجة الحرارة. علاقة تقريبية : تتغير السعة بمقدار 1% عند تغير درجة الحرارة بمقدار 1°C.
٤ – ينخفض جهد الأطراف قليلا مع ارتفاع تيار التفريغ.

الشحن العادي : مثال لخلية تكفي سعتها لتفريغ مدته 5 h. ويبدأ الشحن بمقدار تيار التفريغ لمدة 5 ساعات ثم ينخفض التيار إلى 40% من قيمة تيار التفريغ لمدة 5 ساعات بمجرد بدء تصاعد الغازات (حوالي 2,4 V)، ثم يقل بنحو من 20% إلى 10% من هذا التيار في نهاية عملية الشحن.
وهناك عدة أساليب لشحن بطاريات المركبات. وتتطلب تجهيزات شحن خاصة مع مراعاة تعليمات الشحن في كل الأحوال.

Gro = ألواح موجبة كبيرة المساحة   Gi = ألواح شبكية   GiS = ألواح شبكية مربعة   Pz = ألواح مقواة   PzS = ألواح مقواة مربعة

قيم التشغيل لخلية رصاصية





نسب تركيب حامض المركم

حامض الكبريتيك بتركيز 96% باللتر	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
ماء مقطر باللتر	84,30	83,32	82,34	81,36	80,38	79,40	78,42	77,44	76,46	75,48	74,50
كثافة الحامض g/cm³	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28
درجة بوميه (Beaumé)	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

كثافة الحامض اللازمة للاستعمال في البطارية حوالي 1,18 g/cm³

وتساوي كثافة الحامض تقريبا جهد السكون لخلية مطروحا منه 0,84 (جهد السكون هو الجهد عند الأقطاب المفتوحة)

التفريغ الذاتي نحو 1% يوميا

تكون المقاومة الداخلية للخلية الواحدة من 0,1 Ω/Ah إلى 0,2 Ω/Ah

وتكون الكفاية 0,9 تقريبا، منسوبة إلى الأمبير ساعة (Ah)، ونحو 0,75 منسوبة إلى الواط ساعة (Wh)

حساب تقريبي لكثافة الحامض: $\varrho = \frac{144,3}{144,3 - °Be}$; $Bé = 144,3 - \frac{144,3}{\varrho}$

درجة تجمد الحامض:

عند كثافة 1,26 g/cm³ (بعد الشحن) : −56°C

عند كثافة 1,12 g/cm³ (بعد التفريغ) : −12°C

الألواح الموجبة كبيرة المساحة طبقا للمواصفات DIN 40731

الرمز	المقاسات b x h x s	السعات K10	K5	K3	الجهود عند نهاية التفريغ V10	V5	V3
Gro 36	169 x 170 x 12	36	31	27	1,83	1,81	1,79
Gro 72	169 x 332 x 12	72	62	54			
Gro 144	355 x 360 x 10,3	144	124	108	1,81	1,79	1,76
Gro 288	355 x 712 x 10,3	248	248	216			

الخلايا ذات الألواح الكبيرة الموجبة

رقم الطراز	مقاس اللوح	عدد الألواح الكبيرة	K_{10} بوحدة (Ah)
4	Gro 36	2 ... 6	72 ... 216
11	Gro 72	4 ... 14	288 ... 1008
15	Gro 144	6 ... 20	864 ... 2880

مثال للرمز المبسط: خلية DIN 40737 : 2 Gro 72

المراكم الرصاصية: هي الخلايا ذات التركيب المغلق بألواح موجبة كبيرة المساحة

خلية 2V صندوق بلاستيك

الرمز	المقاسات a x b x h	السعات (Ah) K10	K5	K3	الوزن بوحدة (kg) الرصاص	القائم
1 Gro 6,5	47 x 78 x 220	6,5	5,5	4,8	0,86	1,39
2 Gro 13	75 x 78 x 205	13	11	9,6	1,35	2,19
3 Gro 19,5	104 x 78 x 205	19,5	16,5	14,5	1,86	2,92
1 Gro Q 6,5	47 x 117 x 200	6,5	5,5	4,8	1,08	1,85
2 Gro Q 13	76 x 117 x 200	13	11	9,6	1,68	2,96
3 Gro Q 19,5	104 x 117 x 200	19,5	16,5	14,4	2,28	3,94

بطارية 12 V في صندوق خشبي*

الرمز	المقاسات a x b x h	الوزن بوحدة (kg) الرصاص	القائم
12 V 1 Gro 6,5	325 x 118 x 240	5,4	10,2
12 V 2 Gro 13	492 x 118 x 240	8,43	15,3
12 V 3 Gro 19,5	672 x 118 x 240	11,5	20,9
12 V 1 Gro Q 6,5	315 x 118 x 245	6,7	13,1
12 V 2 Gro Q 13	500 x 118 x 245	10,0	20,2
12 V 3 Gro Q 19,5	675 x 118 x 245	14,0	28,3

*) للسعات K_{10}، K_5، K_3 أنظر البيانات الخاصة بالخلية 2 V ذات صندوق بلاستيك

خلايا 2V ذات ألواح شبكية موجبة Gi لأزمنة تفريغ قصيرة

السعة الإسمية K_{10} بالأمبير ساعة	14	28	42
المقاسات (أكبر مقاسات)	125 x 55 x 232	125 x 85 x 232	125 x 115 x 232

خلية 2V بلوح إطاري لتجهيزات الإنذار، لتفريغ مدته 1000 h وسعته 40 Ah بالمقاسات 225 × 82 × 83

بطاريات الرصاص للسيارات وبطاريات بدء التشغيل وسعات K_{20}

	لبدء التشغيل والإضاءة والإشعال									للإضاءة والإشعال		
6 V K20	56	70	84	98	112	180	66	77	88	4,5	8	16
12 V K20	56	70	84	105	135	180	36	45	54			

تيار الشحن العادي $(I_{ch1} \approx 0,9 \cdot K_{20})$. تيار الشحن السريع $I_{ch2} \approx 10\, I_{ch1} \cdot K_{20}$ وتعطي السعة لتفريغ مدته 20 h . تيار الاختبار عند درجات الحرارة المنخفضة $I_{test} \approx 5,3\, I_{20}$. عند الإختبار في 18°C – بالتيار I_{test} يجب أن يكون $U_{cell} \geq 1,4$ V بعد زمن تفريغ t = 30 s و $U_{cell} \geq 1$V بعد t = 180 s .

المراكم الفولاذية (المجمعات القلوية)

طبقا للمواصفات DIN 40751/52/53/54/55

المركم الفولاذي
1 – اللوح الموجب
2 – اللوح السالب
3 – القطب الموجب والقطب السالب
4 – فاصل متعرج
5 – عازل صندوق
6 – صندوق الخلايا
7 – مانع التسرب للقطب
8 – سدادة الخلية
9 – نتوءات

الأنواع : مراكم حديد – نيكل ، أو مراكم نيكل – كادميوم . المادة الفعالة للوح الموجب : مركب من النيكل والأكسجين ، واللوح السالب : مركب من الحديد والأكسجين أو الكادميوم والأكسجين أو مزيج منهما . أشكال الألواح : ألواح أنبوبية أو ألواح مجوفة .

الرمز القياسي

الحرف الأبجدي	الألواح الأنبوبية	الحرف الأبجدي	الألواح المجوفة
R	سالب في حالة الكادميوم	TN	للتفريغ العادي (كادميوم)
RE	سالب في حالة الحديد	TK	للتفريغ السريع (كادميوم)
LR (LRE)	خلايا بغلاف عازل	TKE TNE	سالب في حالة الحديد
A, C, D	مختلفة الأنواع	LTN (LTNE)	بغلاف عازل

الحرف H في نهاية بيانات السعة يعني وعاءا عاليا للمركم (مثال ذلك TN 35 H)

قيم التشغيل

الخلايا	بألواح أنبوبية Ni - Cd	بألواح أنبوبية Ni - Fe	بألواح مجوفة Ni - Cd	بألواح مجوفة Ni - Fe
متوسط جهد التفريغ بوحدة (V)	1,16 ... 1,14	1,21 ... 1,19	1,2 ... 1,25	1,21
الجهد في نهاية التفريغ بوحدة (V)	0,95	1,00	1,00 ... 1,10	1,00
متوسط جهد الشحن بوحدة (V)	1,64 ... 1,62	1,75 ... 1,73	1,54 ... 1,49	1,70
جهد الشحن الأقصى بوحدة (V)	1,82	1,82	1,74 ... 1,71	1,83
تيار الشحن المعتاد بوحدة (A) (للأنواع ذات مدة تفريغ (5 h))	السعة حسب جدول الكتالوج مقسومة على 5 (ويقل التيار الحدي في بعض الأنواع بمقدار 35% من تيار تفريغ خمس ساعات)			
معامل الشحن [1]	1,40			
عمر التشغيل [2]	4000 عملية تفريغ		2000 ... 3000 عملية تفريغ	
معامل الوزن	39 ... 37 kg/kWh		44 ... 40 kg/kWh	
معامل الحجم	18,5 ... 17 l/kWh		20 ... 18 l/kWh	
درجة الحرارة الحدية : حوالي 45°C	درجة حرارة التجمد : −70°C وتتكون بلورات ثلجية عند −28°C		كثافة القلوي : 1,20 ... 1.18 g/cm³ (21%)	

تنقص السعة بصفة دائمة عند التعدي المتكرر لدرجة الحرارة الحدية .

المقاومة الداخلية : لخلية TK : $\frac{0,1}{Ah}$ ولخلية TN : $\frac{0,2}{Ah}$. مثال : خلية TK بسعة 20 Ah فتكون مقاومتها الداخلية $R_i = \frac{0,1}{20} = 0,005\ \Omega$

كفاية الأمبير ساعة (Ah) حوالي 0,72 وكفاية الواط ساعة لخلية TNE حوالي 0,51 ولخلية TN حوالي 0,56 ولخلية R حوالي 0,55

ويبلغ التفريغ الذاتي عند درجة حرارة محيطة قدرها 20°C لمدة أسبوع واحد حوالي 15% ولمدة شهر حوالي 25% ولمدة عام حوالي 45%

العلاقة بين قيم وشروط التشغيل

درجة الحرارة	كثافة القلوي	تيار التفريغ	السعة	تيار التفريغ	متوسط جهد التفريغ
+20°C	1,20 g/cm³	$I = I_N$	100%	$I = I_N$	100%
+10°C	1,205 g/cm³	$I = 2\,I_N$	93%	$I = 2\,I_N$	95%
0°C	1,21 g/cm³	$I = 3\,I_N$	87%	$I = 3\,I_N$	87%
−20°C	1,22 g/cm³	تناقص معتدل بالمقارنة بالمجمعات الرصاصية		تناقص كبير بالمقارنة بالمجمعات الرصاصية	

زمن التفريغ بالساعات	شدة تيار التفريغ كنسبة مئوية من I_N TN	شدة تيار التفريغ كنسبة مئوية من I_N TK	السعة كنسبة مئوية (Ah) TN	السعة كنسبة مئوية (Ah) TK	متوسط جهد التفريغ بوحدة (V) TN	متوسط جهد التفريغ بوحدة (V) TK	الجهد عند نهاية التفريغ بوحدة (V) TN	الجهد عند نهاية التفريغ بوحدة (V) TK
10	52	52	104	104	1,24	1,24	1,03	1,12
8	65	65	103	103	1,23	1,23	1,02	1,11
5	100	100	100	100	1,20	1,22	1,00	1,10
4	123	124	98	99	1,19	1,21	0,98	1,09
3	157	162	94	97	1,17	1,20	0,96	1,07
2		233		93		1,17		1,04
1		415		83		1,10		1,97
½		670		67		1,00		0,87

المراكم الرصاصية ذات خلايا NC لمصانع كولون للمراكم (منتخب)

نوع الخلية	الرمز القياسي	TN 8 H (*)	TN 11 H	TN 15 H	TN 22 H	TN 30 H	TN 35 H	TN 46 H	TN 58 H	TN 69 H
السعة (Ah)	5 stdg. (**)	7,5	11	15	22	30	35	46	58	69
	8 stdg.	7,8	11,4	15,6	22,9	31,2	36	47	59	71
	10 stdg.	7,9	11,6	15,8	23,2	31,6	36,5	48	60	72
شدة تيار التفريغ بوحدة (A)	5 stdg.	1,5	2,2	3	4,4	6	7	9,2	11,5	14
	8 stdg.	1	1,4	1,9	2,8	3,9	4,5	6	7,5	9
	10 stdg.	0,8	1,1	1,6	2,3	3,1	3,6	4,8	6	7,2
شدة تيار الشحن العادية بوحدة (A)	7 stdg.	1,5	2 2	3	4,4	6	7	9,2	11,5	14
جهد الشحن بوحدة (V) (قابل للتنظيم من/إلى)				1,35 ... 1,80						

١) ينتج بقسمة عدد الأمبير ساعة للشحن على عدد الأمبير ساعة للتفريغ ٢) لا تتغير بصورة كبيرة بالشحن المتقطع أو فترات توقف التفريغ الطويلة

*) 8 H = مركم بسعة 8 Ah ذو وعاءٍ عالٍ (high case or box) **) 5 stdg. = زمن التفريغ يساوي خمس ساعات .



الأجهزة الحرارية الـكهربائية

يجب أن تطابق الأجهزة الحرارية الـكهربائية تعليمات VDE 0720 أما الأجهزة المرنة اللينة (كوسادات التسخين مثلا) فيجب أن تطابق تعليمات VDE 0725 . كا يجب أن تطابق خطوط التوصيل لأجهزة التسخين تعليمات VDE 0250 ويجب أن تتخذ الإجراءات اللازمة للتأريض أو لتوصيل التعادل (التصفير) لوقاية جميع الأجزاء المعدنية المعرضة للمس والتي قد تحمل جهدا بالنسبة للأرض عند حدوث خلل وذلك إذا لم تكن هذه الأجهزة مخصصة للتشغيل بجهود صغيرة .

ويستخدم الفرع الأخضر والأصفر كموصل وقاية أو موصل صفري . ويجب أن تساوي مساحة مقطع موصل الوقاية مساحات مقاطع خطوط التوصيل وذلك لمساحات مقاطع حتى $4\ mm^2$.

اختبار الأجهزة بعد الإصلاح :

١ - يجري اختبار جميع الأجهزة من حيث تحملها للقدرة الإسمية .

٢ - يجب أن تتحمل الأجزاء الحاملة للجهد جهداً مقداره 1000 V بالنسبة لجسم الجهاز لمدة ثانية واحدة على الأقل في درجة الحرارة المحيطة .

المواقد الـكهربائية

الإستهلاك الشهري للطاقة لموقد كهربائي					
عدد الاشخاص	2	3	4	5	6
الاستهلاك اليومي لكل شخص بوحدة (kWh)	1	0,8	0,75	0,7	0,65

عدد مسطحات الطهي وعدد الاشخاص			
عدد الأشخاص	1...4	4...8	أكثر من 8
عدد مسطحات الموقد	2	3	4
القدرة المستهلكة (W)	4500	5800	7600

مسطحات الطهي والقدور

قطر مسطح الطهي بوحدة (mm)	145	180	220	300
قطر الوعاء بوحدة (mm)	160	200	240	320
القدرة القصوى لمسطح الطهي بالواط (W)	1000	1200/1500	1800	2500

درجات التشغيل لمسطح الطهي بالواط (W)	
1000/750/200	1500/1200/240
1200/800/240	1800/1420/300

احتياج المنازل للماء الساخن

عدد الأشخاص	2	3	4	5	6	7	8
الاحتياج اليومي للماء عند (50°C) بوحدة (l)	16	20	24	28	32	36	40
الاحتياج اليومي للماء عند (85°C) بوحدة (l)	8	10	12	14	16	18	20
الاستهلاك اليومي للـكهرباء بوحدة (kWh)	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

احتياج الحمامات والأدشاش للماء - درجة حرارة ماء الاستحمام نحو 37°C

	الدش	حجم حوض الاستحمام (البانيو)			
		صغير جدا	صغير	متوسط	كبير
الاحتياج اليومي التقريبي للماء بوحدة (l)	15...30	120	150	180	240
استهلاك الطاقة بوحدة (kW)	0,5...1,0	4,00	5,00	6,00	8,00

أجهزة الماء الساخن (الغلايات والخزانات) - مختارات درجة الحرارة الحدية 85°C

	تشغيل نهاري*										تشغيل ليلي*			
السعة بوحدة (l)	30		50		80			120			30	50	80	120
القدرة المستهلكة (kW)	4,5	6	4,5	6	4,5	6	7,5	4,5	6	7,5	0,45	0,6	1	1,5
مدة التسخين بالدقيقة	45	30	60	45	105	75	60	150	120	90	390	480	480	480

قيم التوصيل التقريبية للتدفئة الـكهربائية بالمنازل

حجم الغرفة (m^3)	القدرة المستهلكة لكل متر مكعب (W/m^3)	ملاحظات
10...50	80	تستخدم القيم بالجداول لفرق درجات حرارة مقداره 40°C (درجة الحرارة الداخلية +20°C ، ودرجة الحرارة الخارجية -20°C) . يضاف حتى 30% في حالة مدة التسخين القصيرة (<1,5 h) أو الرياح الشديدة أو في حالة الغرف عالية السقف .
50...100	80...60	
100...150	60...40	

التهوية بطرد الهواء

نوع الغرفة	عدد مرات تغيير الهواء لكل ساعة	نوع المكان	عدد مرات تغيير الهواء لكل ساعة
المطاعم	8...10	الورش	6...10
المكاتب	5...10	المسارح	3...6
المدارس	5...10	المطابخ	10 وأكثر

* نظام التشغيل النهاري والليلي غير معمول به في المملكة العربية السعودية

المقاومة الأومية

المقاومات السلكية : تخصص معادن الأسلاك (انظر ص ٢٤ وكذلك ص ٣١) ، لأحمال إسمية من 0,5 W إلى عدة مئات من الواط . وتتراوح قيم المقاومة من 0,1 Ω إلى نحو 10^6 Ω . وتمتاز بصغر مقاساتها نسبيا وكبر محاثتها الذاتية .

حوامل اللفائف : تصنع من الخزف الصيني الصلد ، أما للمقاومات المتغيرة فيستخدم ورق صلد أو مواد بلاستيك أخرى بسطح مطلي أو مغطى بالأسمنت أو بالزجاج أو اللك . ويمكن أيضا استخدام فتائل من ألياف زجاجية مع الملف السلكي وكسوة سليكونية أو فتائل من ألياف زجاجية مع ملف داخل أنبوب خزفي ، مما يتيح تصريفا جيدا للحرارة ومتانة عزل كهربائية عالية (أكبر من 2 kW) . ويمكن تثبيتها على المعدن تثبيتا محكما . وتختلف درجة الحرارة الزائدة ϑ_{over} المسموح بها عند الحمل الإسمي بحسب الطراز وقيمة المقاومة والحمل الإسمي . أمثلة :

الحمل الإسمي بوحدة (W)	1	4	10	20	35	50	100	250
المقاومة بوحدة (Ω)	$1...3\cdot10^3$	$...10^4$	$...3\cdot10^4$	$...3\cdot10^4$	$...5\cdot10^4$	$...6\cdot10^4$	$...12\cdot10^4$	$...36\cdot10^4$
درجة الحرارة الزائدة عند الحمل الإسمي بوحدة (°C)	100	180	230	260	275	295	310	310

درجة الحرارة الأبتدائية 25°C أو 40°C . ويتوقف المعامل الحراري (قيم TC) على مادة الصنع حيث أن :
(RW 50) $\alpha \approx -10...-80\cdot10^{-6}$/K و (RW 110) $\alpha \approx +90...120\cdot10^{-6}$/K و (RW 10)، $\alpha \approx +650...750\cdot10^{-6}$/K، RW 50 و RW 10 في النطاق من 20°C إلى 150° و RW 110 في النطاق من 20°C إلى 300°C بتفاوت يساوي أو أكبر من 2% + إلى 20% + .

المقاومات الطبقية : تتم كسوة الحامل إما بطبقة من الفحم الصلد أو طبقة معدنية أو طبقة من أكسيد معدني .

مقاومات طبقة الكربون : رخيصة الثمن وتكفي لمواجهة المتطلبات العامة للتحميل الضئيل (من 0,05 W إلى 5 W ونادر إلى 20 W) .
وتصل قيم المقاومة إلى 10^9 Ω ولها محاثة ذاتية صغيرة ، ومقاساتها كبيرة نسبيا ، والمعامل الحراري لها (α) كبير ويتناسب طرديا مع قيمة المقاومة ، ولا تتأثر (α) كثيرا بدرجة الحرارة السطحية .

مقاومات الطبقة المعدنية : للمقاومات الدقيقة ذات التحميل الضئيل (حتى 1 W) ، تصل قيمة المقاومة إلى 10^{13} Ω بتفاوتات صغيرة وليس لها محاثة ذاتية . كما أن المعامل الحراري صغير ولا يتوقف على قيمة المقاومة ، كما لا يتغير كثيرا بزيادة درجة الحرارة .

مقاومات طبقة الأكسيد المعدني : للأحمال الإسمية العالية ، ويفضل أن تكون بأشكال كبيرة (طبقا للمواصفات DIN 0617, 0922, 0933) ولا يتوقف المعامل الحراري على قيمة المقاومة إلا أنه يتغير بشدة عند ارتفاع درجة الحرارة .

ومن الكميات المميزة لمقاومة طبقية مايلي :

أ) المقاومة الحرارية R_{th} مقاسة بوحدة °C/W . وتتوقف على شكلها (طرازها)

أمثلة : طراز 0204: $R_{th}=50$°C/W طراز 0933: $R_{th}=380$°C/W

ب) درجة الحرارة السطحية القصوى المسموح بها (°C) ϑ_{max} . وتتوقف على نوع مادة الصنع . أنظر الجدول .

ج) قابلية التحمل : وصيغتها الرياضية هي : $P=\frac{1}{R_{th}}(\vartheta_{max}-\vartheta_a)$

ϑ_a = درجة الحرارة المحيطة . مثال : مقاومة بطبقة معدنية طراز 0414 $R_{th}=140$°C/W, $\vartheta_{max}=155$°C, $\vartheta_a=40$°C. $P=\frac{1}{140°C/W}(155°C-40°C)=0{,}80\ W$

د) تغير المقاومة ΔR عند التحميل لمدة طويلة (يكون التغير أصغر مايمكن لمقاومة ذات طبقة معدنية وأكبر ما يمكن لمقاومة ذات طبقة من أكسيد معدني)

هـ) علاقة المعامل الحراري بقيمة المقاومة ودرجة حرارة السطح ϑ_{max}

الشكل (الطراز)		0204	0207	0309	0414	0617	0922	0933	
المقاومة الحرارية R_{th} بوحدة (°C/W)		380	220	190	140	80	60	50	المعامل الحراري α
الطبقة	ϑ_{max}	قدرة التحمل القصوى P_{max} (W) عند ϑ_{max}							كربون حتى $\alpha \approx -300\cdot10^{-6}$/K, $3\cdot10^4$ Ω
كربون	125°C	0,22	0,40	0,50	0,60	1,0	1,4	1,7	وحتى $\alpha \approx -500\cdot10^{-6}$/K, $5\cdot10^5$ Ω
معدن	155°C	0,30	0,50	0,60	0,80	1,4	1,9	2,3	معدن $\alpha \approx +10\cdot10^{-6}$/K
أكسيد معدني	155°C	0,30	0,50	0,60	0,80	1,4	1,9	2,3	أكسيد معدني : تقع قيمة α بين $+50...+200\cdot10^{-6}$/K
أكسيد معدني	250°C	0,50	0,90	1,1	1,5	2,6	3,5	4,2	و $-50...-200\cdot10^{-6}$/K

القيم القياسية والمجموعات الدولية للمقاومات والمكثفات الثابتة

لقد اختيرت القيم القياسية على شكل مجموعات ، تشتمل كل منها على عشرة قيم ، إذا ما أخذ الإنحراف الحتمي - في قيمها الإسمية والناتج عن التصنيع في الاعتبار وتضرب القيم في 10^0 أو 10^1 أو 10^2...ألخ

																										التفاوت المسموح به
E 6	$\sqrt[6]{10}$	1,0				1,5				2,2				3,3				4,7				6,8				20%
E 12	$\sqrt[12]{10}$	1,0		1,2		1,5		1,8		2,2		2,7		3,3		3,9		4,7		5,6		6,8		8,2		10%
E 24	$\sqrt[24]{10}$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1	5%

القيم القياسية ومجموعات DIN للمقاومات والمكثفات الثابتة

																					التفاوت المسموح به غير محدد
R 5 $\sqrt[5]{10}$	1,00				1,60				2,50				4,00				6,30				
R 10 $\sqrt[10]{10}$	1,00		1,25		1,60		2,00		2,50		3,15		4,00		5,00		6,30		8,00		
R 20 $\sqrt[20]{10}$	1,0	1,72	1,25	1,40	1,60	1,80	2,00	2,24	2,50	2,80	3,15	3,55	4,00	4,50	5,00	5,60	6,30	7,10	8,00	9,00	



المكثفات الـكهربائية

المكثفات الخزفية :

المجموعة I :
تستعمل للدوائر المحددة للتردد
ثبات كبير للسعة
تفاوت صغير مسموح به في السعة (حتى 0,5 % +)
غير متعلقة بالجهد
الفقد ضئيل حتى عند الترددات العالية
مقاومة عزل عالية (نحو $10^{10}\Omega$)
محاثة ذاتية صغيرة جدا

المجموعة II :
- للإقران (دوائر متقارنة) وفض الإقران بتغير لاخطي للسعة مع درجة الحرارة والجهد .
- الفقد أكبر بالمقارنة بالمجموعة I
- مقاومة عزل عالية (نحو $10^{10}\Omega$)
- محاثة ذاتية صغيرة

المكثفات الإلـكتروليتية :
مكثفات الجهد العالي والمنخفض . ويحدد جهد التشغيل حجم المكثف . وهي ذات سعة كبيرة بمقاسات صغيرة ومحددة الأقطاب وذات فقد كبير نسبيا وتيار متبق عال . وتصلح مكثفات الألومنيوم لمجال محدود من درجات الحرارة من 25°C – إلى 70°C + وتصلح مكثفات التنتالم لمجال أعلى من درجات الحرارة (حتى 200°C) ولها محاثة ذاتية كبيرة كما أنها تصلح الخلل ذاتيا عند انهيار العزل .

المكثفات المعدنية الورقية :
معتدلة الثمن وذات قيم كهربائية جيدة بصفة عامة ، ومقاسات كبيرة نسبيا ، ذات محاثة ذاتية كبيرة . وتصلح الخلل ذاتيا عند انهيار العزل .

مكثفات البوليكربونات والبوليستر والإستيروفلـكس :
تفوق في خواصها الـكهربائية المكثفات المعدنية الورقية وهي ذات سعة ثابتة إلى حد كبير عند تغير درجة الحرارة . بدون محاثة تقريبا وذات مقاومة عزل عالية ومقاومة فائقة للانهيار . تتغير تغيرا طفيفا مع الزمن وتتأثر بالرطوبة ، وذات مقاسات صغيرة نسبيا للجهود العالية . وتصلح مكثفات البوليكرونات والبوليستر الخلل ذاتيا عند انهيار العزل .

مكثفات اللك المعدني :
ذات مقاسات صغيرة للغاية وتصلح لجهود التشغيل المنخفضة والأجهزة الصغيرة . كما أن لها قيم كهربائية جيدة بصفة عامةومحاثة متوسطة ، وتصلح الخلل ذاتيا عند انهيار العزل .

المكثفات الورقية :
رخيصة الثمن وذات مقاسات كبيرة نسبيا ، وهي كبيرة الفقد ، ولها محاثة ذاتية كبيرة . لاتصلح الخلل ذاتيا عند انهيار العزل ، وتستخدم في حالة المتطلبات المنخفضة للجودة .

النوع	مجال السعة	معامل الفقد tan δ	المعامل الحراري α (1/K)	جهد التشغيل (V)	مجال درجة الحرارة (°C)	نسبة السعة إلى الحجم
مكثف خزفي مجموعة I مجموعة II	0,5 pF...50 nF	$0{,}3...0{,}6\cdot10^{-3}$ x $20...30\cdot10^{-3}$ x	$100...15\cdot10^{-8}$ $10^{-3}...8\cdot10^{-3}$	30...500 16 000	−25... + 85 −60... + 100	كبيرة
مكثف إلـكتروليتي للجهد المنخفض للجهد العالي	0,5µF...10^4 µF 0,5 µF...200 µF	0,1...0,3 xx	– –	3...70 300...450	−40... + 85 (1 −25... + 75 (1	كبيرة جدا
مكثفات اللف : مكثف معدني ورقي مكثف بوليكربوناتي	0,1...50µF 1 nF...18µF	10^{-2} x $...3\cdot10^{-3}$ xx	10^{-3} 10^{-3}	130...600 100...5 000	−40... + 85 −55... + 125	صغيرة كبيرة
مكثف بوليستر مكثف إستيروفلـكس	0,1 nF... 1µF 2 pF...50 µF	$...7{,}5\cdot10^{-3}$ xx 10^{-4} x	10^{-3} $-10\cdot10^{-6}$	100...500 25...620	−55... +100 −10... + 70	كبيرة متوسطة
مكثف اللك معدني مكثف ورقي	0,1 µF...200µF 0,1 nF...1µF	$20\cdot10^{-3}$ x $6...10\cdot10^{-3}$ xx	10^{-3} $3\cdot10^{-3}$	...160 ...1000	−35... + 75 −55... +100	كبيرة جدا صغيرة

x) عند 800 Hz   xx) عند 1 kHz   xxx) عند 1 MHz   1) مكثفات التنتالم : – 55°C... + 200°C

رموز (شفرة) الألوان الدولية للمقاومات والمكثفات

اللون	أسود	بني	أحمر	برتقالي	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجي	رمادي	أبيض	ذهبي	فضي	بدون
الحلقة أو النقطة الأولى = الرقم الأول	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	–	–	علامة
الحلقة أو النقطة الثانية = الرقم الثاني	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	–	–	مميزة
الحلقة أو النقطة الثالثة = عدد الأصفار		0	00	000	0000	00000	000000	–	–	–			
الحلقة أو النقطة الرابعة = التفاوت المسموح به		±1%	± 2%								5%	10%	20%
الحلقة الخامسة في حالة المكثف = جهد التشغيل (V)		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000	500

مثال : الحلقة الأولى تكون الأقرب إلى الحافة

رتبة الحلقة 1. 2. 3. 4. 5.

أزرق — أخضر — أزرق — أحمر — فضي

بيانات المكثف :
5 6 0 0 pF 10% 600 V جهد التشغيل
أخضر — أزرق — أحمر — فضي — أزرق

المقاومات ذات المعامل الحراري السالب (NTC) وذات المعامل الحراري الموجب (PTC) والمقاومات المتعلقة بالجهد (VDR)

الموصل الساخن (مقاومة NTC) : مقاومة ذات معامل حراري سالب كبير . وتقل المقاومة (R) بزيادة درجة الحرارة .

الأشكال : على شكل أقراص أو قضبان أو كرات

مواد الصنع : بلورات مختلفة من Fe_3O_4 مع $Zn\,Ti\,O_4$ أو مع $Mg\,Cr_2\,O_4$ ، أو $Fe_2\,O_3$ مع $Ti\,O_3$ أو NiO مع Li_2O ومواد أخرى

القيم الإسمية للمقاومة : R_{25} (عند 25°C) يتراوح من 2 Ω إلى 2 MΩ

القيم الإسمية للحمل : من 20 mW إلى 10 W

المعامل الحراري α : يتراوح من حوالي $3 \cdot 10^{-2}$ 1/K إلى $6 \cdot 10^{-2}$ 1/K

المعامل B : ثابت تنظيم يتوقف على الشكل ومادة الصنع ويقاس بوحدة كلفن (K) .

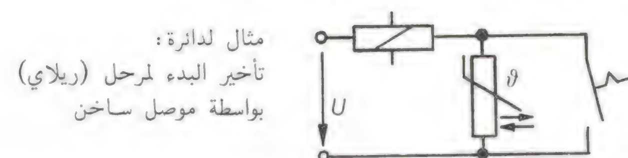
ويستخدم بدلا من المعامل الحراري α .

أمثلة لمقاومة NTC على شكل قضبان (ماركة Valvo) :

R 25 (kΩ)	P_{max} (W)	R عند P_{max} (Ω)	I عند P_{max} (mA)	المعامل B (K)
4,7	2,3	160	130	3200
15	2,3	380	80	3550
47	1,5	800	42	4000
150	1,5	2100	27	4150

منحنى المقاومة لمقاومات مختلفة من نوع NTC بقيم B مختلفة

رمز التوصيل لمقاومة من نوع NTC



مثال لدائرة : تأخير البدء لمرحل (ريلاي) بواسطة موصل ساخن

الموصل البارد (مقاومة PTC) : مقاومة ذات معامل حراري موجب كبير . تزداد المقاومة (R) بزيادة درجة الحرارة .

الأشكال : أقراص وقضبان ومجسات إبرية .

مادة الصنع : تيتانات الباريوم الملبدة ($Ba\,Ti\,O_3$) ، بإضافات من أكاسيد وأملاح معدنية .

القيم الإسمية للمقاومة : R_{25} تتراوح من حوالي 30 Ω إلى 60 Ω

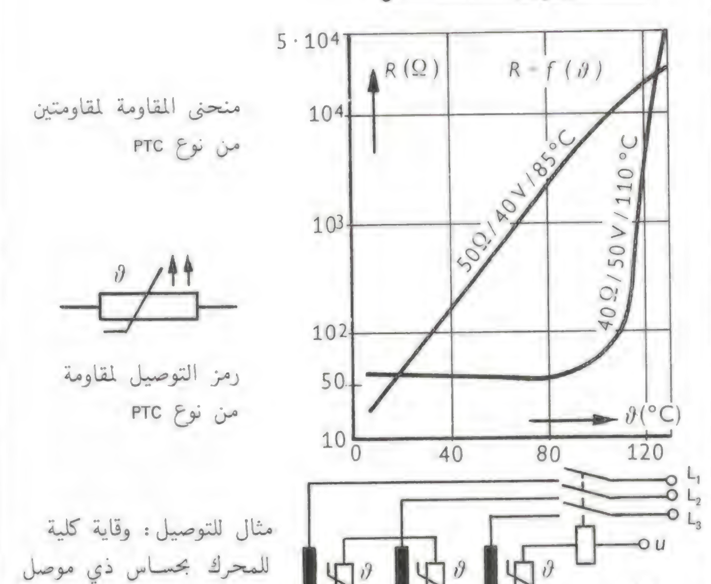
التفاوت المسموح به : عند 25°C : من ±15% إلى ±30% .

القيم الإسمية للحمل : حتى 3 W

المعامل الحراري α : يتراوح من حوالي 0,06 1/K إلى 0,75 1/K درجة حرارة الاستجابة ϑ_N (نقطة الانقلاب) وهي درجة الحرارة التي تزداد المقاومة عندها إلى : $R_N = 2 \cdot R_{25}$

أمثلة لمقاومات (PTC) قرصية (ماركة Valvo) :

R_{25} (Ω)	α (1/K)	ϑ_N (°C)	R_h (kΩ)	U_{max} (V)
30 ± 15	0,16	≈ 40	أكبر من 10 عند 100°C	50
50 ± 15	0,18	≈ 80	أكبر من 10 عند 100°C	50
50 ± 15	0,40	≈ 105	حتى 1200 عند 150°C	25
40 ± 15	0,75	≈ 110	أكبر من 10 عند 130°C	50



منحنى المقاومة لمقاومتين من نوع PTC

رمز التوصيل لمقاومة من نوع PTC

مثال للتوصيل : وقاية كلية للمحرك بحساس ذي موصل بارد .

المقاومات المتعلقة بالجهد

(مقاومات VDR أو فاريستور أي المقاومة المتغيرة بالفولطية) : تصبح المقاومة أصغر بصورة أسية ومتصلة بزيادة الجهد .

الشكل : قرص بثقب مركزي أو بأسلاك .

مادة الصنع : مسحوق كربيد السليكون (SiC) مضغوط وملبد بمادة خزفية رابطة .

قيم الجهد : من 6 V إلى 600 V ، وللأنواع الخاصة حتى 25 kV

التيار : يتناسب التيار I أسيا مع الجهد U في مجال التنظيم ، بأس يتراوح بين الأسين الرابع والسادس .

قدرة التحمل : من 0,05 W إلى 6 W ، وللأنواع الخاصة حتى 15 W بدون محاثة .

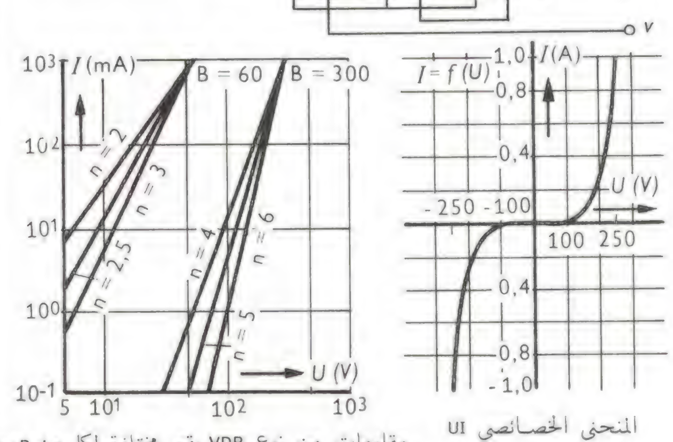
درجة حرارة التشغيل القصوى : من 100°C إلى 150°C

المعامل B أو C : يتوقف على أسلوب الصنع والشكل الهندسي للمقاومة وتبلغ : من 60 إلى 1800 بتفاوت قدره ± 20%

وتكون ثوابت مواد الصنع للإنتاج ماركة (Conradty) هي n وتتراوح بين حوالي 1,05 إلى 7 ، وللإنتاج ماركة (Valvo) هي β وتتراوح بين حوالي 0,14 إلى 0,40 .

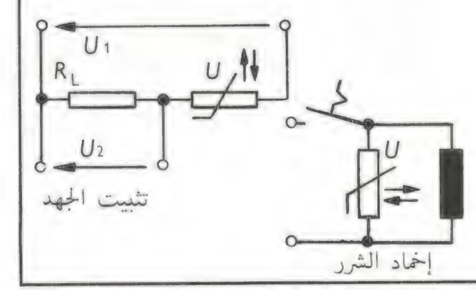
أمثلة :

ماركة Conradty	mA	V	B	n	ماركة Valvo	mA	V	β	C
125 S 25/2	100	10	25	2	...01201	100	12	0,25...0,40	21
250 SD 60/3	10	15	60	3	...03401	1	82	0,14...0,21	300
610 SB 550/6	10	250	550	6	...03501	1	220	0,14...0,21	750



مقاومات من نوع VDR بقيم مختلفة لكل من B و n

المنحنى الخصائصي UI لمقاومة VDR



تثبيت الجهد

إخماد الشرر



عناصر التركيب الكهروضوئية

المقاومة الكهروضوئية :

هي المقاومة التي تصغر قيمتها عند تعرضها للإضاءة. وفي نطاق التحكم تكون I ~ E. كما يتناسب الجهد (U) بين طرفي المقاومة مع شدة الإضاءة (E)، ولا تتأثر المقاومة باتجاه تدفق التيار. وتصنع من كبريتيد الكادميوم

البيانات الخصائصية : مقاومات لجهد قدره 10 V	أمثلة	١	٢
المقاومة عند 50 lx، تكون درجة حرارة اللون : 2700 K		35 kΩ	–
التيار عند 50 lx، تكون درجة حرارة اللون : 2700 K		–	10 mA
المقاومة في الظلام		> 100 MΩ	–
التيار في الظلام		–	<70 μA
ويكون الجهد بين طرفي المقاومة الكهروضوئية :		300 V	300 V
الحساسية عند 10 V و 2700 K و 50 lx		17 μA/lx	0,2 μA/lx
الحساسية الطيفية القصوى :		575 nm	575 nm
أقصى فقد للقدرة عند درجة 25°C		100 mW	1,0 W
المعامل الحراري α		< $5 \cdot 10^{-3}$ 1/K	–

الصمامات الثنائية الكهروضوئية (من أشباه الموصلات) :

هي شبه موصل من سليكون أو جرمانيوم تتغير مقاومته عند تعرضه للضوء.
يتناسب تيار الصمام الثنائي I_o طرديا مع E، ويتأثر الصمام الثنائي باتجاه سريان التيار (منحازا عكسيا).

البيانات الخصائصية : أمثلة لصمامات ثنائية من السليكون	١	٢
المساحة الفعالة (mm^2)	≈ 12	–
التيار في الظلام عند U_b=20 V أو U_b=10 V	< 1 μA	0,5 nA
التيار في الضوء عند E = 1000 lx	> 40 μA	7,5 μA
تصل الحساسية الطيفية إلى قيمتها القصوى عند :	≈ 920 nm	800 nm
الحساسية على بعد 900 nm (نانومتر = nm)	0,25 μA/ μW	–
التردد الحدي	> 10 MHz	–
زمن الصعود عنه U_R=20 V أو U_R=10 V	2 ns	0,5 ns
زمن الهبوط عند U_R = 10 V	–	0,6 ns

البيانات الحدية : U_b=50 V أو U_b=100 V، P_t=30 mW أو P_t=500 mW

الوحدة الكهروضوئية : (الفوتوفولاتيك Photovolatic)

منبع جهد : ينتج التيار الضوئي الساقط على الوحدة الكهروضوئية جهدا مستمرا.
خلايا من سليكون أو سلنيوم ويتناسب تيار القصر (I_{sh}) مع شدة الإضاءة (E).

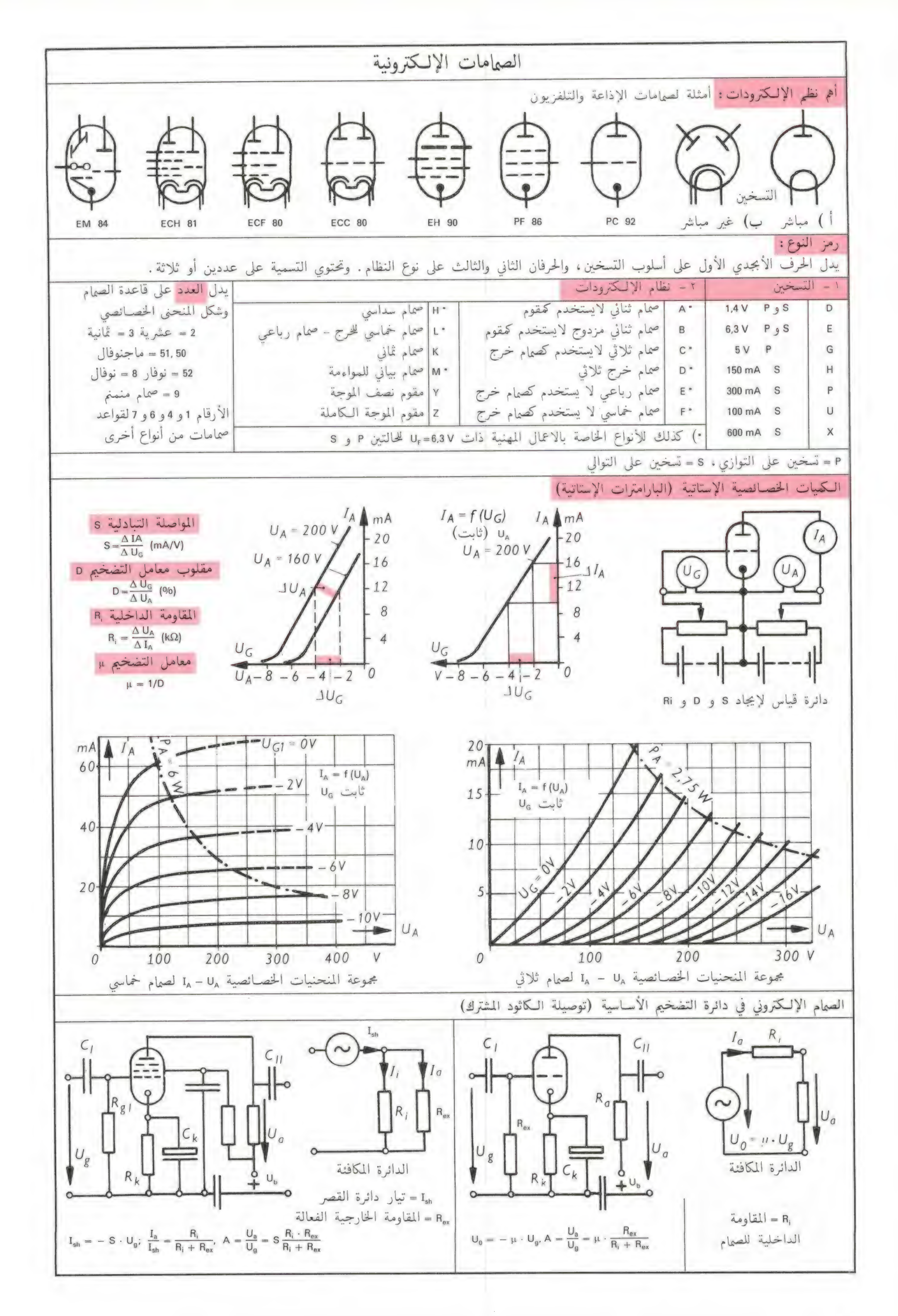
البيانات الخصائصية	أمثلة	١	٢
المساحة الفعالة		2,8 cm^2	1,5 cm^2
تيار دائرة القصر عند : 500 lx أو E=2 000 lx		32 μA	≧0,4 mA
E=10 000 lx, 2 700 K.		160 μA	≧ 10 mA
التيار في الظلام عند U_b=1 V و ϑ_a=25°C		0,35 μA	–
ϑ_a=75°C		30 μA	–
جهد اللاحمل عند : E=500 lx		–	≧ 0,05 V
E=10 000 lx		–	≧ 0,44 V
القيمة القصوى لحساسية الطيفية		800 nm	850 nm
القيمة القصوى للقدرة المستفادة P_{max} (10 000 lx)			≧ 2,5 mW

البيانات الحدية : مثال (١) : I=10 mA, ϑ_{max}100°C

الخلية الكهروضوئية :

هي خلية بتفريغ عال أو مملوءة بالغاز، تتأثر باتجاه سريان التيار. وتصل إلى حساسيتها الطيفية القصوى عند تعرضها لألوان ضوئية مختلفة (بأطوال موجات مختلفة).

البيانات الخصائصية :	أمثلة	مفرغة		مملوءة بالغاز	
جهد التغذية بالفولط		50	–	90	85
جهد التغذية الأقصى بالفولط		250	100	90	90
التيار في الظلام بوحدة (μ A)		< 0,05	< 1	< 0,1	< 0,1
المساحة الفعالة للمهبط بوحدة (cm^2)		3,0	7,1	3,0	2,1
الكثافة القصوى لتيار المهبط بوحدة (μ A/cm^2)		3,3	5	0,65	1,25
الحساسية الطيفية عند 2850 K بوحدة (μ A/lm)		20	60	125	130
درجة الحرارة القصوى المحيطة بوحدة (°C)		100	60	100	70
الحساسية الطيفية القصوى على بعد (nm)		800	400	800	400
		تحت الحمراء	زرقاء		



الصمامات الإلـكترونية

أهم نظم الإلـكترودات : أمثلة لصمامات الإذاعة والتلفزيون

رمز النوع :

يدل الحرف الأبجدي الأول على أسلوب التسخين، والحرفان الثاني والثالث على نوع النظام . وتحتوي التسمية على عددين أو ثلاثة .

١ - التسخين			٢ - نظام الإلـكترودات				يدل العدد على قاعدة الصمام وشكل المنحنى الخصائصي
D	S و P	1,4 V	A*	صمام ثنائي لايستخدم كمقوم	H*	صمام سداسي	2 = عشرية 3 = ثمانية
E	S و P	6,3 V	B	صمام ثنائي مزدوج لايستخدم كمقوم	L*	صمام خماسي للخرج - صمام رباعي	51, 50 = ماجنوفال
G	P	5 V	C*	صمام ثلاثي لايستخدم كصمام خرج	K	صمام ثماني	52 = نوفار 8 = نوفال
H	S	150 mA	D*	صمام خرج ثلاثي	M*	صمام بياني للمواءمة	9 = صمام منمنم
P	S	300 mA	E*	صمام رباعي لا يستخدم كصمام خرج	Y	مقوم نصف الموجة	الأرقام 1 و 4 و 6 و 7 لقواعد
U	S	100 mA	F*	صمام خماسي لا يستخدم كصمام خرج	Z	مقوم الموجة الكاملة	صمامات من أنواع أخرى
X	S	600 mA	*) كذلك للأنواع الخاصة بالاعمال المهنية ذات $U_F = 6{,}3$ V للحالتين P و S				

P = تسخين على التوازي ، S = تسخين على التوالي

الـكميات الخصائصية الإستاتية (البارامترات الإستاتية)

المواصلة التبادلية S

$S = \frac{\Delta I_A}{\Delta U_G}$ (mA/V)

مقلوب معامل التضخيم D

$D = \frac{\Delta U_G}{\Delta U_A}$ (%)

المقاومة الداخلية R_i

$R_i = \frac{\Delta U_A}{\Delta I_A}$ (kΩ)

معامل التضخيم μ

$\mu = 1/D$

مجموعة المنحنيات الخصائصية $I_A - U_A$ لصمام ثلاثي

مجموعة المنحنيات الخصائصية $I_A - U_A$ لصمام خماسي

الصمام الإلـكتروني في دائرة التضخيم الأساسية (توصيلة الـكاثود المشترك)

الدائرة المكافئة

R_i = المقاومة الداخلية للصمام

$U_0 = -\mu \cdot U_g,\ A = \frac{U_a}{U_g} = \mu \cdot \frac{R_{ex}}{R_i + R_{ex}}$

الدائرة المكافئة

I_{sh} = تيار دائرة القصر

R_{ex} = المقاومة الخارجية الفعالة

$I_{sh} = -S \cdot U_g;\ \frac{I_a}{I_{sh}} = \frac{R_i}{R_i + R_{ex}},\ A = \frac{U_a}{U_g} = S\frac{R_i \cdot R_{ex}}{R_i + R_{ex}}$

الترانزستورات

يتكون رمز النوع من حرفين أبجديين أو ثلاثة حروف مضافا إليها عدد ، مثال : BU 105, ASY 77

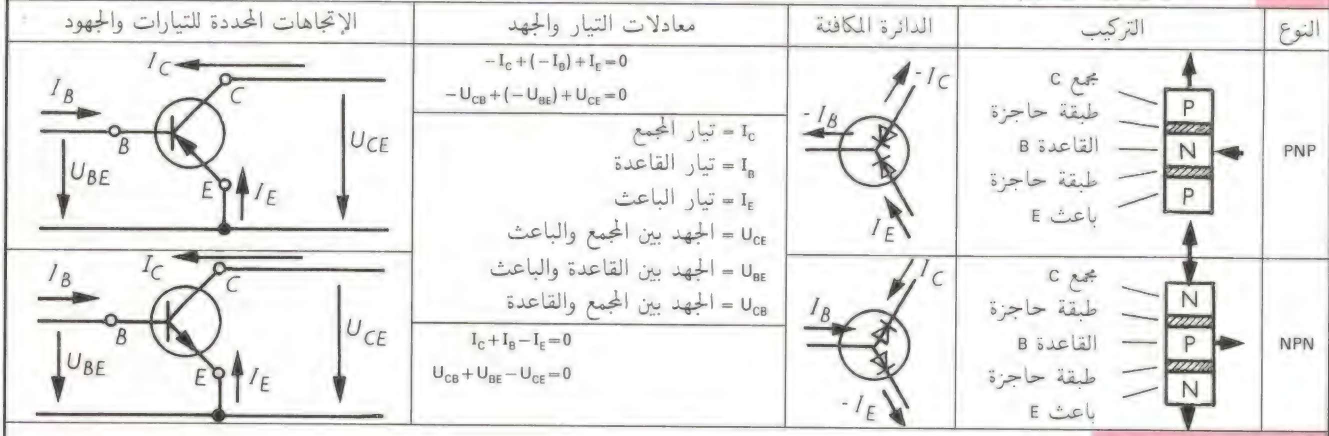
الحرف الأبجدي الأول	الحرف الأبجدي الثاني	
A = ترانزستور جرمانيوم (Ge)	C = ترانزستور الترددات المنخفضة	D = ترانزستور قدرة للترددات المنخفضة
B = ترانزستور سليكون (Si)	F = ترانزستور الترددات العالية	L = ترانزستور قدرة للترددات العالية
	S = ترانزستور الوصل والفصل	U = ترانزستور قدرة للوصل والفصل

يضاف حرف أبجدي ثالث للدلالة على نوع الاستخدام المهني .

وتستخدم الأعداد كأرقام مسلسلة للتمييز . للأنواع القياسية تستخدم الأعداد من 100 إلى 999 .

أمثلة : AC 127 : ترانزستور جرمانيوم للترددات المنخفضة BD 115 : ترانزستور قدرة سليكون للترددات المنخفضة لمراحل الخرج .

النوع	التركيب	الدائرة المكافئة	معادلات التيار والجهد	الإتجاهات المحددة للتيارات والجهود
PNP	مجمع C، طبقة حاجزة، القاعدة B، طبقة حاجزة، باعث E		$-I_C+(-I_B)+I_E=0$ $-U_{CB}+(-U_{BE})+U_{CE}=0$	
NPN	مجمع C، طبقة حاجزة، القاعدة B، طبقة حاجزة، باعث E		$I_C+I_B-I_E=0$ $U_{CB}+U_{BE}-U_{CE}=0$	



I_C = تيار المجمع

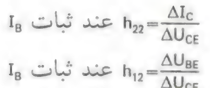
I_B = تيار القاعدة

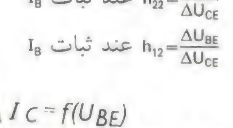
I_E = تيار الباعث

U_{CE} = الجهد بين المجمع والباعث

U_{BE} = الجهد بين القاعدة والباعث

U_{CB} = الجهد بين المجمع والقاعدة





أهم كميات التيار المستمر :

معامل تضخيم التيار المستمر B : هو خارج قسمة تيار المجمع (I_C) على تيار القاعدة (I_B) عند ثبات U_{CE}: $B=I_C/I_B$

فقد القدرة للتيار المستمر P_C : فقد القدرة في المجمّع : حاصل ضرب U_{CE} و I_C: $P_C=U_{CE}\times I_C$

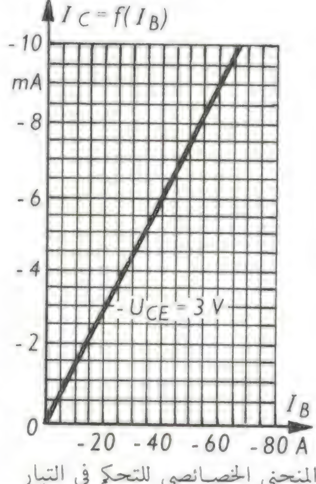
الكميات الخصائصية الدينامية (البارامترات الدينامية) :

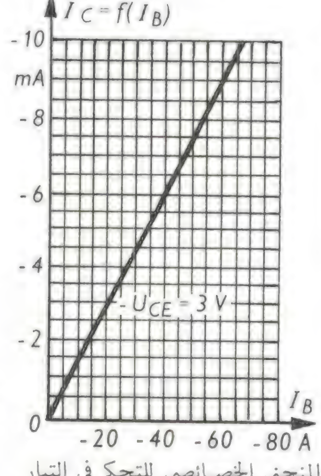
مقاومة الدخل لدائرة الخرج مقصورة : $h_{11}=\frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B}$ عند ثبات U_{CE}

تضخيم التيار لدائرة الخرج مقصورة : $h_{21}=\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ عند ثبات U_{CE}

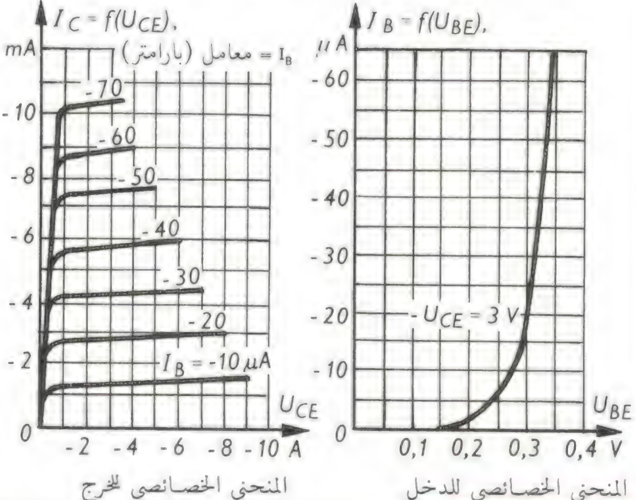
مواصلة الخرج لدائرة الدخل مفتوحة : $h_{22}=\frac{\Delta I_C}{\Delta U_{CE}}$ عند ثبات I_B

رد فعل الجهد لدائرة الدخل مفتوحة : $h_{12}=\frac{\Delta U_{BE}}{\Delta U_{CE}}$ عند ثبات I_B

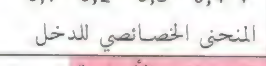




المنحنى الخصائصي للتحكم في الجهد — المنحنى الخصائصي للتحكم في التيار

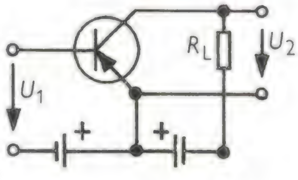


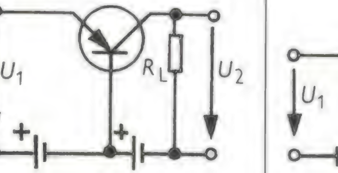
المنحنى الخصائصي للخرج — المنحنى الخصائصي للدخل

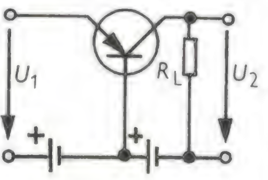


التوصيلات الأساسية

	توصيلة الباعث المشترك CE	توصيلة القاعدة المشتركة CB	توصيلة المجمع المشترك CC
مقاومة الدخل = r_i	r_i :10 Ω ... 10 kΩ	10 Ω ... 100 Ω	100 kΩ ... 1 MΩ
مقاومة الخرج = r_o	r_o :10 kΩ ... 100 kΩ	100 kΩ ... 1 MΩ	10 Ω ... 1000 Ω
تضخيم التيار = A_i	A_i :10– ... 200– (ضعفاً)	<1	10– ... 200– (ضعفاً)
تضخيم الجهد = A_v	A_v:100– ... 1000– (ضعفاً)	100– ... 1500– (ضعفاً)	<1
تضخيم القدرة = A_p	A_p:100– ... 10 000– (ضعفاً)	100– ... 1000– (ضعفاً)	10– ... 150– (ضعفاً)



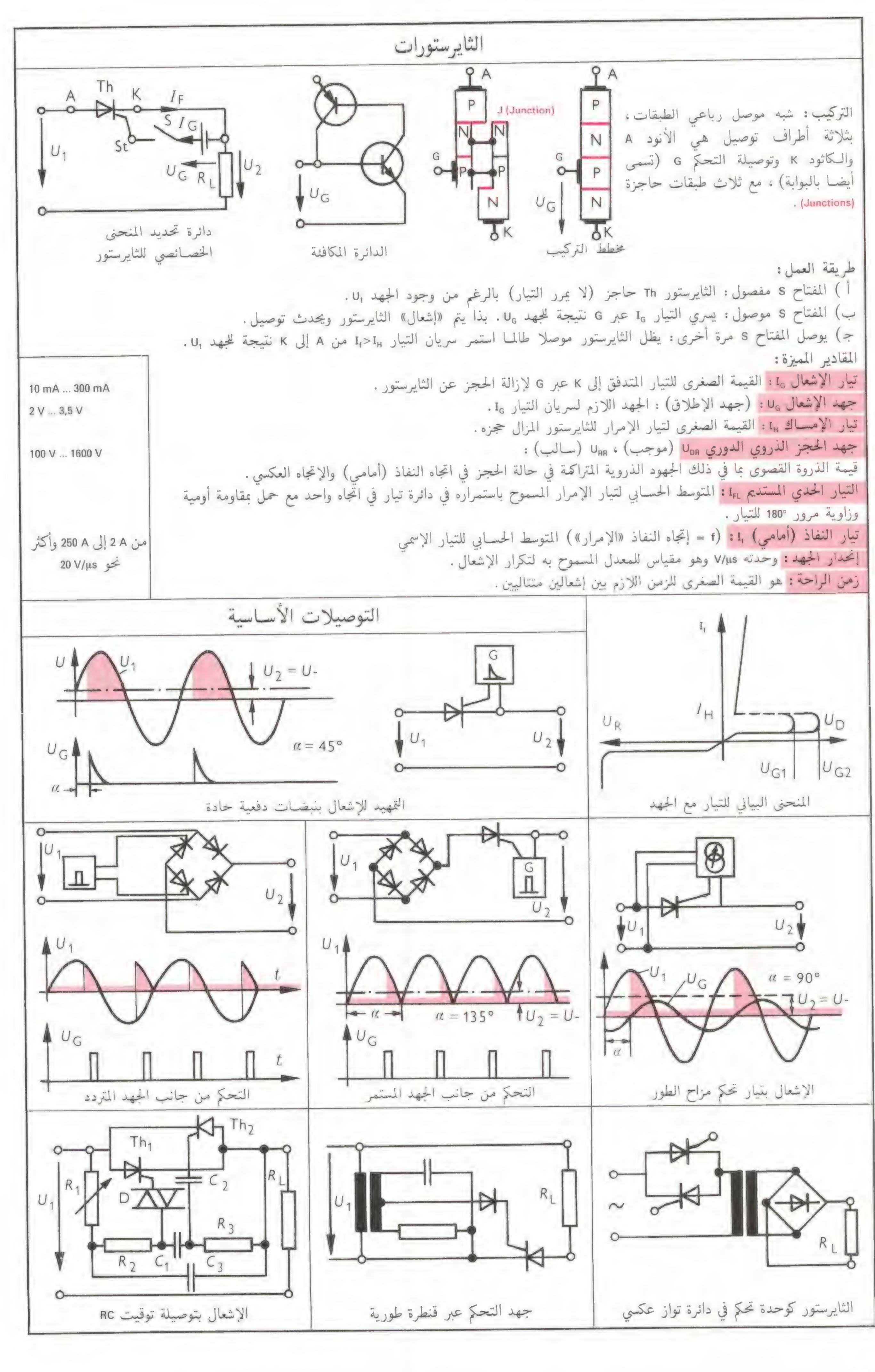




CE = أكبر تضخيم للترددات المنخفضة والنطاق المنخفض للترددات العالية

CB = في الترددات العالية جدا يكون التضخيم أقل منه لدائرة الباعث المشترك (CE)

CC = يستخدم كمحول للمعاوقة ($r_i \gg r_o$) ويكون التضخيم ضئيلا



الثايرستورات

التركيب : شبه موصل رباعي الطبقات ، بثلاثة أطراف توصيل هي الأنود A والكاثود K وتوصيلة التحكم G (تسمى أيضا بالبوابة) ، مع ثلاث طبقات حاجزة (Junctions) .

طريقة العمل :

أ) المفتاح S مفصول : الثايرستور Th حاجز (لا يمرر التيار) بالرغم من وجود الجهد U_1 .

ب) المفتاح S موصول : يسري التيار I_G عبر G نتيجة للجهد U_G . بذا يتم «إشعال» الثايرستور ويحدث توصيل .

ج) يوصل المفتاح S مرة أخرى : يظل الثايرستور موصلا طالما استمر سريان التيار $I_f > I_H$ من A إلى K نتيجة للجهد U_1 .

المقادير المميزة :

تيار الإشعال : I_G القيمة الصغرى للتيار المتدفق إلى K عبر G لإزالة الحجز عن الثايرستور .	10 mA ... 300 mA
جهد الإشعال : U_G (جهد الإطلاق) : الجهد اللازم لسريان التيار I_G .	2 V ... 3,5 V
تيار الإمساك : I_H القيمة الصغرى لتيار الإمرار للثايرستور المزال حجزه .	
جهد الحجز الذروي الدوري U_{DR} (موجب) ، U_{RR} (سالب) : قيمة الذروة القصوى بما في ذلك الجهود الذروية المتراكمة في حالة الحجز في اتجاه النفاذ (أمامي) والإتجاه العكسي .	100 V ... 1600 V
التيار الحدي المستديم : I_{FL} المتوسط الحسابي لتيار الإمرار المسموح باستمراره في دائرة تيار في اتجاه واحد مع حمل بمقاومة أومية وزاوية مرور 180° للتيار .	
تيار النفاذ (أمامي) : I_f (f = إتجاه النفاذ «الإمرار») المتوسط الحسابي للتيار الإسمي	من 2 A إلى 250 A وأكثر
إنحدار الجهد : وحدته V/µs وهو مقياس للمعدل المسموح به لتكرار الإشعال .	نحو 20 V/µs
زمن الراحة : هو القيمة الصغرى للزمن اللازم بين إشعالين متتاليين .	

التوصيلات الأساسية

التمهيد للإشعال بنبضات دفعية حادة

المنحنى البياني للتيار مع الجهد

التحكم من جانب الجهد المتردد

التحكم من جانب الجهد المستمر

الإشعال بتيار تحكم مزاح الطور

الإشعال بتوصيلة توقيت RC

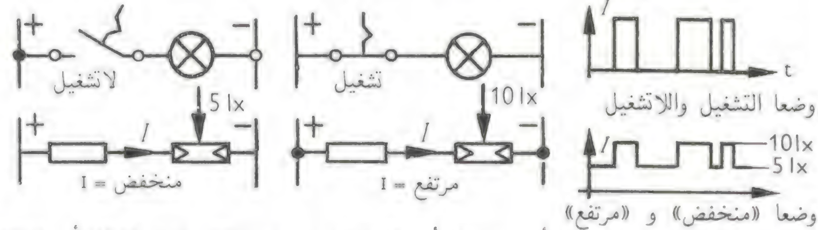
جهد التحكم عبر قنطرة طورية

الثايرستور كوحدة تحكم في دائرة تواز عكسي

المكونات الأساسية للأجهزة الرقمية للتحكم والتنظيم والعد

تستخدم في الأساليب الرقمية حالتين لإشارة نبضية في دائرة كهربائية . وهاتان الحالتان هما : حالة «الصفر» (يكون فيها المفتاح منفصلا) ؛ وحالة «الواحد» (يكون فيها المفتاح متصلا) . كذلك يمكن أن تكون حالتا الفصل والوصل قيما «منخفضة» و «عالية» للإشارة النبضية .

وتسمى الدوائر التي يتم فيها استخدام قيمتين (حالتين) لإشارة نبضية بالدوائر الثنائية . ويمكن التعبير عن الحالتين بالكلمات YES أو RIGHT ، و NO أو WRONG . ويتطابق مستوى الإشارة النبضية عند المدخل والمخرج . ولذا تسمى هذه التوصيلات بالدوائر المنطقية أو «دوائر الارتباط» .



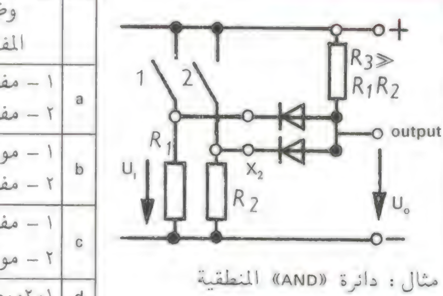
وضعا التشغيل واللاتشغيل

وضعا «منخفض» و «مرتفع»

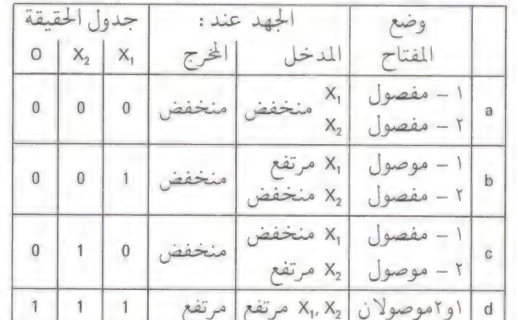
الرموز : (1) 1 للتعبيرات «ON» أو «HIGH» أو «RIGHT» ، و O (0) للتعبيرات «OFF» أو «LOW» أو «WRONG»

تركيب الترتيب الرقمي

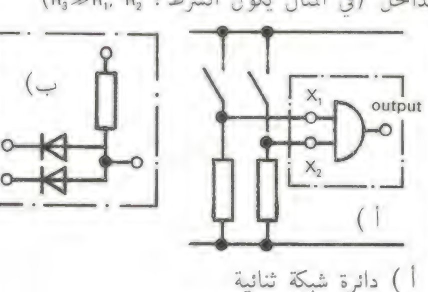
دائرة AND المنطقية : تكون إشارة الخرج موجودة عند وجود قيم الإشارات المحدودة عند جميع المداخل (في المثال يكون الشرط : $R_3 \gg R_1, R_2$)



مثال : دائرة «AND» المنطقية



	وضع المفتاح	الجهد عند : المدخل	المخرج	X_1	X_2	O (جدول الحقيقة)
a	١ - مفصول ٢ - مفصول	X_1 منخفض X_2	منخفض	0	0	0
b	١ - موصول ٢ - مفصول	X_1 مرتفع X_2 منخفض	منخفض	1	0	0
c	١ - مفصول ٢ - موصول	X_1 منخفض X_2 مرتفع	منخفض	0	1	0
d	١و٢موصولان	X_1, X_2 مرتفع	مرتفع	1	1	1

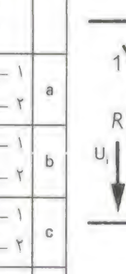


أ) دائرة شبكة ثنائية

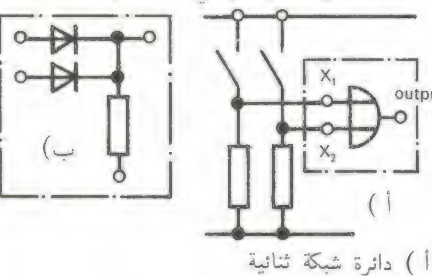
ب) الدائرة الداخلية للشبكة

دائرة «OR» المنطقية : تكون إشارة الخرج موجودة عند توافر القيمة المحددة للإشارة المنطقية عند أحد مداخل الدائرة أو أي عدد منها .

مثال : دائرة «OR» المنطقية

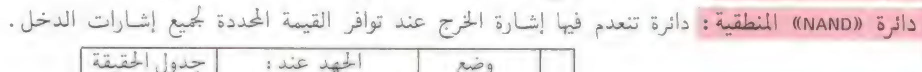


	وضع المفتاح	الجهد عند : المدخل	المخرج	X_1	X_2	O (جدول الحقيقة)
a	١ - مفصول ٢ - مفصول	X_1 صفر X_2	صفر	0	0	0
b	١ - موصول ٢ - مفصول	X_1 مرتفع X_2 صفر	مرتفع	1	0	1
c	١ - مفصول ٢ - موصول	X_1 صفر X_2 مرتفع	مرتفع	0	1	1
d	١و٢موصولان	X_1, X_2 مرتفع	مرتفع	1	1	1



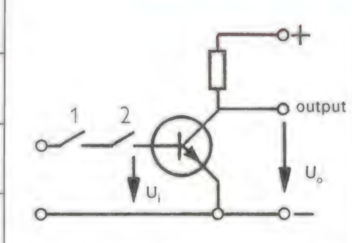
أ) دائرة شبكة ثنائية

ب) الدائرة الداخلية للشبكة

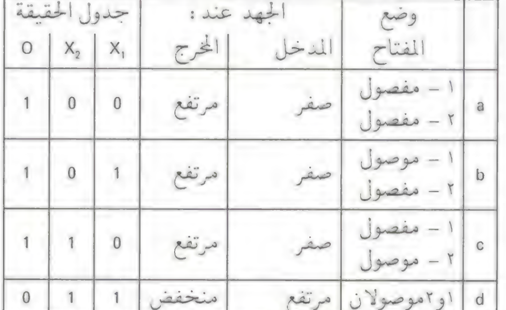


دائرة «NOT» المنطقية : تكون إشارة الخرج موجودة عند انعدام إشارة الدخل وبالعكس .

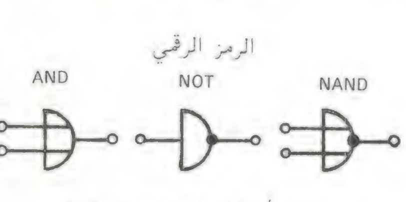
دائرة «NAND» المنطقية : دائرة تنعدم فيها إشارة الخرج عند توافر القيمة المحددة لجميع إشارات الدخل .



مثال : دائرة «NAND» المنطقية



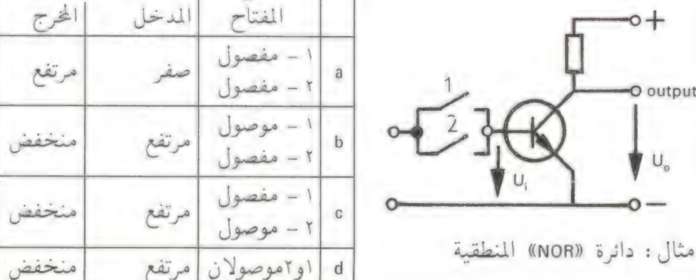
	وضع المفتاح	الجهد عند : المدخل	المخرج	X_1	X_2	O (جدول الحقيقة)
a	١ - مفصول ٢ - مفصول	صفر	مرتفع	0	0	1
b	١ - موصول ٢ - مفصول	صفر	مرتفع	1	0	1
c	١ - مفصول ٢ - موصول	صفر	مرتفع	0	1	1
d	١و٢موصولان	مرتفع	منخفض	1	1	0



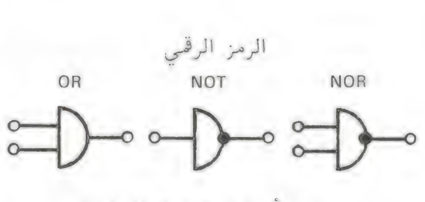
تنشأ دائرة «NAND» المنطقية من دمج دائرتي «AND» و «NOT» المنطقيتين

دائرة «NOR» المنطقية : تنعدم إشارة الخرج (أو تكون صغيرة) عند توافر إشارة معينة (موجبة في المثال) عند أحد المداخل .

مثال : دائرة «NOR» المنطقية



	وضع المفتاح	الجهد عند : المدخل	المخرج	X_1	X_2	O (جدول الحقيقة)
a	١ - مفصول ٢ - مفصول	صفر	مرتفع	0	0	1
b	١ - موصول ٢ - مفصول	مرتفع	منخفض	1	0	0
c	١ - مفصول ٢ - موصول	مرتفع	منخفض	0	1	0
d	١و٢موصولان	مرتفع	منخفض	1	1	0

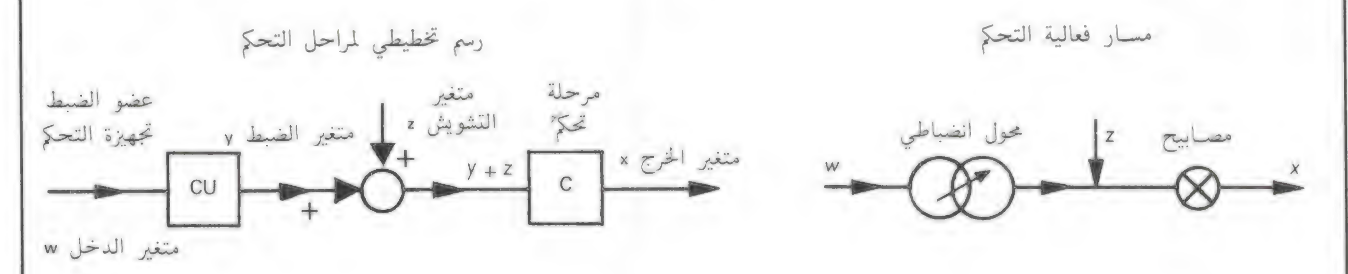


تنشأ دائرة «NOR» المنطقية من دمج دائرتي «OR» و «NOT» المنطقيتين

هندسة التحكم والتنظيم

يتم التحكم في طاقة (كبيرة غالبا) - بواسطة التحكم والتنظيم - باستخدام طاقة أخرى (صغيرة غالبا)

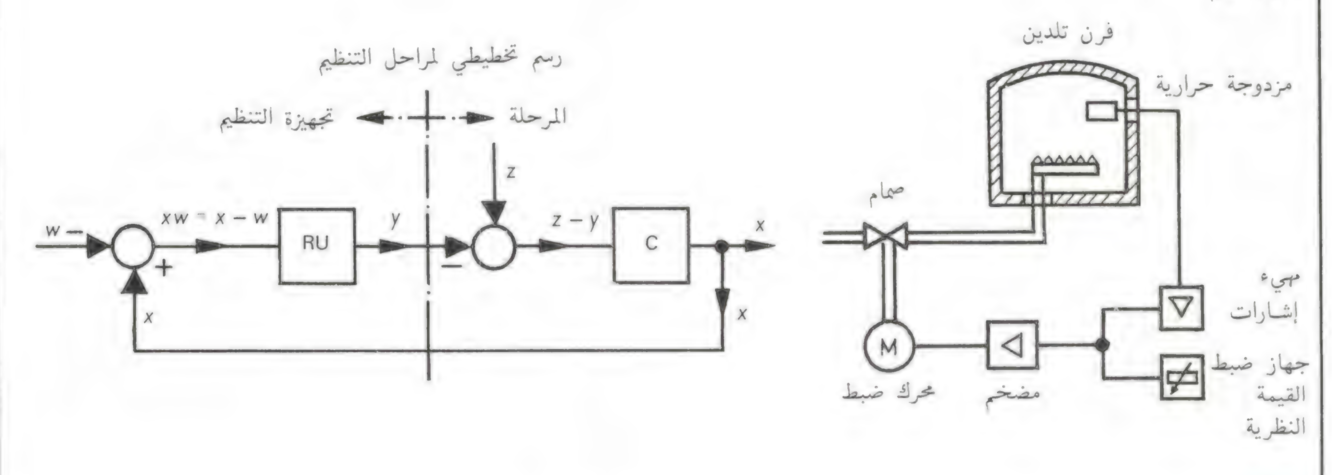
التحكم :
مثال للتحكم : يوصل جهد (متغير الدخل w) بمحول تحكم (وحدة تحكم) ثم يمرر بعد تغيره (متغير التحكم y) إلى مجموعة من المصابيح (مرحلة التحكم) . وتكون تقلبات جهد الشبكة (متغير التشويش z) هي السبب في عدم ثبات وضع المحول . وتكون درجة سطوع ضوء المصابيح هي متغير الخرج x .



بهذا التعريف يكون **التحكم** هو دائرة تأثير مفتوحة ، أي أن متغير الخرج الموجه x لا يؤثر على متغير الدخل w ، وينشأ ما يسمى بانعدام التغذية المرتدة .

التنظيم :
مثال للتنظيم : يتم في فرن التلدين استشعار درجة الحرارة بمزدوجة حرارية (مجس) وتمريرها على شكل جهود حرارية خلال مضخم (محول إشارات) وتحويلها إلى تيار كهربائي (شدته من 4 mA إلى 20 mA مثلا) ثم مقارنتها بتيار محدد القيمة باستخدام مفرق أي بوتنتسيومتر (لضبط القيمة النظرية) ثم تمريرها بعد ذلك إلى محرك ضبط (تجهيزة ضبط) عبر مضخم . ويقوم محرك الضبط بتحريك صمام الغاز (وحدة الضبط) في توصيلة الغاز إلى فرن التلدين .

دائرة تنظيم



التنظيم : يتم استشعار (قياس) متغير التنظيم (متغير الخرج x) بصورة مستمرة ثم مقارنته بكمية أخرى (متغير الدخل w) . وتبعا لنتيجة المقارنة ، يتم التأثير على متغير التنظيم بحيث يتعادل مع متغير الدخل . وتتم العملية في دائرة مقفلة تسمى بدائرة التنظيم . ويسمى ذلك بالتأثير التنظيمي المقفل .

تجهيزة التحكم والتنظيم : هي جزء مسار الفعالية الذي يؤثر على مرحلة التحكم أو التنظيم (باختصار : مرحلة) . وتحتوي على جميع أجهزة استشعار متغير التنظيم x ومقارنته بالدخل w وتكوين متغير الضبط y .

المرحلة : هو ذلك المجال من مسار الفعالية الذي يتم التأثير عليه (مجموعة مصابيح ، فرن التلدين كما هو مذكور أعلاه) . وتكون متغيرات الدخل له هي متغير الضبط y ومتغير التشويش z .

ناتج التحكم أو التنظيم : متغير الخرج هو متغير التنظيم x .

المقادير الهامة :
متغير الدخل w : هو الكمية التي يجري إدخالها من الخارج إلى تجهيزة التحكم أو التنظيم ويجب أن يتبعه متغير الخرج x بالعلاقة المحددة مسبقا .
القيمة النظرية : هي القيمة التي يجب أن تبلغها الكمية المراد أن تكون موضع التحكم أو التنظيم (متغير الخرج) .
القيمة الفعلية : هي القيمة الفعلية لمتغير الخرج x في اللحظة الزمنية موضع الاعتبار (مثال ذلك حرارة الفرن) .
متغير التنظيم x : هي كمية يتم استشعارها في المرحلة بغرض التنظيم (مثال ذلك : جهد المجس) .
الانحراف التنظيمي xw : هو الفرق بين متغير التنظيم x ومتغير الدخل الإسنادي w ($xw = x - w$)
متغير الضبط y : هو متغير الخرج لتجهيزة التحكم أو التنظيم وهو في نفس الوقت متغير الدخل للمرحلة ، ويقوم بنقل تأثير التحكم إلى المرحلة .
متغير التشويش z : وهو الكمية التي تضر وتنقص من تأثير التحكم أو التنظيم (مثل تذبذب مقدار التسخين) .

مصطلحات مكونات تجهيزات التحكم والتنظيم

في مسائل الأجهزة يجري استخدام تعبير «المكونات» . وفيما يختص بالأداء يستخدم تعبير «عضو التراسل» أي عضو نقل الإشارات .

ضابط القيمة النظرية : هو عضو لضبط الدخل w (كمِفْرَق مثلا)

محول الإشارات : عضو يحول إشارة الدخل إلى إشارة خرج مناسبة القيمة ومتماثلة فيزيائيا (مثال ذلك محول التيار أو محول الجهد) .

مجس الإستشعار : عضو يستشعر الكمية المطلوب قياسها ويحولها إلى كمية فيزيائية مناسبة (مثال ذلك مزدوجة حرارية) .

مضخم الإشارات : عضو لتضخيم القدرة (لتضخيم جهد الإشارات الصغيرة لمحول الإشارات ، لتوجيه محرك ضبط مثلا) .

المقارن أو الجامع : عضو تتم فيه مقارنة متغير التنظيم بمتغير الدخل (بالجمع أو الطرح أو الضرب أو القسمة) .

عضو توقيت : يتم به تغيير التتابع الزمني لإشارة معينة (كإبطاء تزايد الجهد مثلا) .

المنظم : يقصد به جهاز في تجهيزة التنظيم يقوم بعدة مهام (كاستشعار متغير التنظيم أو ضبط القيمة النظرية أو المقارنة والتضخيم على سبيل المثال) .

عضو الضبط : عضو في مدخل مرحلة تحكم أو تنظيم يؤثر على التيار أو الطاقة المتدفقة (مثال ذلك صمام توصيل الغاز) .

تجهيزة الضبط : تجهيزة لتعديل وضع الضبط (كمحرك الضبط للصمام مثلا) .

جهاز ضبط : ينشأ عن دمج عضو الضبط وتجهيزة الضبط معا في وحدة واحدة .

السلوك الزمني لمكونات التحكم :

يبين السلوك الزمني العلاقة بين إشارة الخرج (x_o) وإشارة دخل متغيرة (x_i) على مدار الزمن .

ويكون المنظم **متصلا** إذا سبب أي تغير في إشارة الدخل (x_i) تغيرا مناظرا (x_o) في إشارة الخرج داخل مجال الضبط .

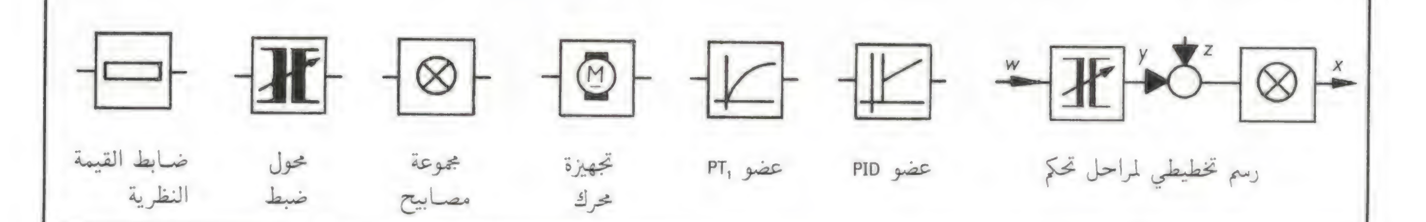
الاستجابة لدرجة الجهد أو الدالة الانتقالية هي المسار الزمني لإشارة الخرج (x_o)

نتيجة لدرجة جهد إشارة الدخل (x_i) (أنظر الشكل)

تقسيم المجموعات الرئيسية لتجهيزات (ومكونات) التنظيم المتصلة وفقا لسلوكها الزمني

نوع العضو	شكل الاستجابة لدرجة الجهد	وصف السلوك الزمني (الاستجابة لدرجة الجهد)	نوع العضو	شكل الاستجابة لدرجة الجهد	وصف السلوك الزمني (الاستجابة لدرجة الجهد)
عضو – P : عضو تناسب		x_o تتبع x_i بصورة تناسبية دون تخلف	**عضو PI :** عضو تناسب – تكامل		دمج عملية التناسب P وعملية التكامل I . تحكم سريع بعملية التناسب ، ويمنع تكون «الانحراف المستديم» بعملية التكامل .
عضو – PT_1 : عضو تناسب مع تخلف من الدرجة الأولى		x_o تتبع x_i بتخلف وفقا لمعادلة أسية .	**عضو PD :** عضو تناسب – تفاضل		إدماج لعملية التناسب P وعملية التفاضل D تتزايد x_o بميل شديد أولا ، ثم تتبع x_i بصورة تناسبية .
عضو – I : عضو تكامل		يتزايد x_o بمعدل خطي متصل بالنسبة للزمن عند تغير x_i بشكل درجة جهد .	**عضو PID :** عضو تناسب – تكامل وتفاضل .		تناظر x_o حاصل جمع متغيرات الخرج لأعضاء التناسب والتفاضل والتكامل (وهو أحسن عضو تحكم)
عضو – D : عضو تفاضل		يتبع x_o التغير في السرعة x_i إلى ما لا نهاية	**عضو T_t :** عضو الوقت الخامد		يكون المسار الزمني للخرج x_o مزاحا بالنسبة للمسار الزمني للدخل x_i بمسافة T_t التي تمثل الزمن الخامد : $x_i = x_o$

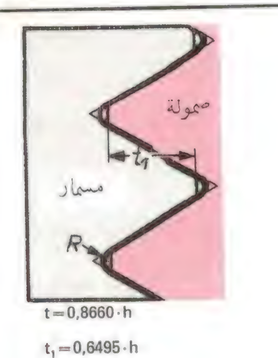
خطة التوصيل : أمثلة لمكونات التنظيم والتحكم



المسامير الملولبة واللوالب

اللولب المتري

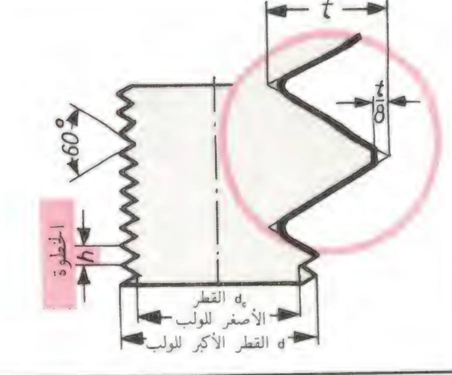




$t = 0{,}8660 \cdot h$

$t_1 = 0{,}6495 \cdot h$

$R = 0{,}1082 \cdot h = \frac{t}{8}$



	المسمار والصمولة				الصمولة			الحلقة (الوردة)	
قطر اللولب	القطر الأصغر للولب (قطر القلب) d_c	مساحة مقطع القلب mm^2	الخطوة h	ارتفاع الرأس k	ارتفاع الصمولة m	اتساع فتحة المفتاح SW	البعد بين الأركان e	القطر الأكبر للولب d_s	السمك s
1	0,676	0,36	0,25	–	–	–	–	–	–
1,2	0,876	0,60	0,25	–	–	–	–	–	–
1,4	1,010	0,80	0,3	–	–	–	–	–	–
1,7	1,246	1,22	0,35	1,2	1,4	3,5	4	4,5	0,3
2	1,480	1,72	0,4	1,4	1,6	4	4,6	5	0,3
2,3	1,780	2,49	0,45	1,6	1,8	4,5	5,2	6	0,5
2,6	2,016	3,19	0,45	1,8	2	5	5,8	7	0,5
3	2,350	4,34	0,5	2	2,4	5,5	6,4	7	0,5
3,5	2,720	5,81	0,6	2,4	2,8	6	6,9	8	0,5
4	3,090	7,50	0,7	2,8	3,2	7	8,1	9	0,8
5	3,96	12,3	0,8	3,5	4	8	8,9	10	1
6	4,70	17,3	1	4	5	10	11,5	12,5	1,6
8	6,376	31,9	1,25	5,5	6,5	13	14,4	17	1,6
10	8,052	50,9	1,5	7	8	17	19,6	21	2
12	9,726	74,3	1,75	8	10	19	21,9	24	2,5
14	11,402	102	2	9	11	22	25,4	28	2,5
16	13,402	141	2	10	13	24	27,7	30	3
18	14,752	171	2,5	12	15	27	31,2	34	3
20	16,752	220	2,5	13	16	30	34,6	37	3
22	18,752	276	2,5	14	18	32	36,9	39	3
24	20,102	317	3	15	19	36	41,6	44	4
27	23,102	419	3	17	22	41	47,3	50	4
30	25,454	509	3,5	19	24	46	53,1	56	4
33	28,454	636	3,5	21	26	50	57,7	60	5
36	30,804	745	4	23	29	55	63,5	66	5
39	33,804	897	4	25	31	60	69,3	72	6
42	36,154	1027	4,5	26	34	65	75,0	78	7
45	39,154	1204	4,5	28	36	70	80,8	85	7
48	41,504	1353	5	30	38	75	86,5	92	8
52	45,504	1626	5	32	42	80	92,4	98	8

المواصفات القياسية : اللولب المتري DIN 13 اللوحة الأولى ، البراغي مسدسة الرأس DIN 931 ، الصواميل المسدسة DIN 934 حلقات (وردات) البراغي مسدسة الرأس : DIN 125 تسمية لولب متري قطره الخارجي 20 mm هي : M 20 .
القطر الأصغر للولب = قطر القلب



أطوال اللوالب ونهايات اللوالب وأعماق ثقوب اللوالب

طبقا للمواصفات DIN 938, 939, 940, 835, 398

طول اللولب — نهاية اللولب — عمق ثقب اللولب

القطر الإسمي للولب	طول اللولب		نهاية اللولب a لأجل				عمق ثقب اللولب t لأجل			
	لصمولة واحدة		فولاذ برونزي	حديد زهر رمادي	معدن لدن	ألومنيوم	فولاذ برونزي	حديد زهر رمادي	معدن لدن	ألومنيوم
d	b	v	≈ 1 · d	≈ 1,25 · d	≈ 2,5 · d	≈ 2 · d				
M 3	10	2,9	3	4	8	6	6	7		9
M 4	10	3,8	4	5	10	8	7,5	8		12
M 5	12	4,6	5	6,5	13	10	9	10	16	15
M 6	15	6	6	7,5	15	12	10,5	12	19	18
M 8	18	7,5	8	10	20	16	13	15	25	24
M 10	22	9	10	12	25	20	15	19	32	28
M 12	25	10,5	12	15	32	24	18	25	40	32
M 14	25	12	14	18	35	28	20	28	42	38
M 16	30	15	16	20	40	32	22	30	50	40
M 18	35	17	18	22	45	36	27	32	55	45
M 20	35	18	20	25	50	40	28	35	60	50
M 22	40	19	22	28	55	44	30	38	65	54
M 24	40	20	24	30	60	48	32	42	70	58
M 27	45	22	25	35	65	55	33	45	75	65
M 30	50	25	30	38	75	60	38	50	88	70
M 33	55	28	32	42	80	65	40	55	92	75
M 36	60	31	35	45	90	70	45	60	105	82
M 39	65	33	38	50	95	78	50	65	110	92
M 42	65	35	42	52	105	85	52	70	120	100
M 45	70	38	45	58	110	90	55	75	125	105

قطر المثقب للثقوب النافذة طبقا للمواصفات DIN 69 وثقوب القلب (القطر الأصغر)

طبقا للمواصفات DIN 336

اللولب	الثقب النافذ دقيق	الثقب النافذ متوسط	الثقب النافذ خشن
M 1	1,1	1,2	1,3
M 1,2	1,3	1,4	1,5
M 1,4	1,5	1,6	1,8
M 1,6	1,7	1,8	2,0
M 1,7	1,8	1,9	2,2
M 2	2,2	2,4	2,6
M 2,3	2,5	2,7	2,9
M 2,5	2,7	2,9	3,1
M 2,6	2,8	3	3,2
M 3	3,2	3,4	3,6
M 3,5	3,7	3,9	4,1
M 4	4,3	4,5	4,8
M 5	5,3	5,5	5,8
M 6	6,4	6,6	7
M 7	7,4	7,6	8
M 8	8,4	9	10

اللولب	الثقب النافذ دقيق	الثقب النافذ متوسط	الثقب النافذ خشن
M 10	10,5	11	12
M 12	13	14	15
M 14	15	16	17
M 16	17	18	19
M 18	19	20	21
M 20	21	22	24
M 22	23	24	26
M 24	25	26	28
M 27	28	30	32
M 30	31	33	35
M 33	34	36	38
M 36	37	39	42
M 39	40	42	45
M 42	43	45	48
M 45	46	48	52
M 48	50	52	56

ثقوب القلب للوالب: اللولب	القطر	اللولب	القطر
M 1	0,75	M 10	8,5
M 1,2	0,95	M 11	9,5
M 1,4	1,1	M 12	10,2
M 1,6	1,25	M 14	12
M 1,8	1,45	M 16	14
M 2	1,6	M 18	15,5
M 2,2	1,75	M 20	17,5
M 2,5	2,05	M 22	19,5
M 3	2,5	M 24	21
M 3,5	2,9	M 27	24
M 4	3,3	M 30	26,5
M 4,5	3,7	M 33	29,5
M 5	4,2	M 36	32
M 6	5	M 39	35
M 7	6	M 42	37,5
M 8	6,8	M 45	40,5

لولب ويتوورث للمواسير (بدون خلوص لقمة السن)

القطر الأكبر للولب D

القطر الأصغر للولب D_c

55°

P

t

r

تسمية اللولب "R 1/2
طبقا للمواصفات القياسية DIN 259

$$P = \frac{25{,}4}{z}$$

$$r = 0{,}137 \cdot P$$

$$t = 0{,}960 \cdot P$$

القطر الإسمي بوصة	المسمار والصمولة: قطر اللولب D	المسمار والصمولة: القطر الأصغر (قطر القلب) للولب D_c	الخطوة P	عدد الخطوات في البوصة z	القطر الإسمي بوصة	المسمار والصمولة: قطر اللولب D	المسمار والصمولة: القطر الأصغر (قطر القلب) للولب D_c	الخطوة P	عدد الخطوات في البوصة z
R 1/8	9,73	8,57	0,91	28	R 2	59,62	56,66	2,31	11
R 1/4	13,16	11,45	1,34	19	(R 2 1/4)	65,71	62,76	2,31	11
R 3/8	16,66	14,95	1,34	19	R 2 1/2	75,19	72,23	2,31	11
R 1/2	20,96	18,63	1,81	14	(R 2 3/4)	81,54	78,58	2,31	11
(R 5/8)	22,91	20,59	1,81	14	R 3	87,89	84,93	2,31	11
R 3/4	26,44	24,12	1,81	14	(R 3 1/4)	93,98	91,03	2,31	11
(R 7/8)	30,20	27,88	1,81	14	R 3 1/2	100,33	97,37	2,31	11
R 1	33,25	30,29	2,31	11	(R 3 3/4)	106,68	103,73	2,31	11
R 1 1/4	41,91	38,95	2,31	11	R 4	113,03	110,08	2,31	11
R 1 1/2	47,81	44,85	2,31	11	(R 4 1/2)	125,74	122,78	2,31	11
(R 1 3/4)	53,75	50,79	2,31	11	R 5	138,44	135,48	2,31	11

تسميات البراغي

برغي مشغل برأس مسدس DIN 931 وبرغي غفل برأس مسدس DIN 601	برغي مشغل برأس مسدس بمرتكز DIN 561	برغي مشغل برأس مربع ذو طوق DIN 478	برغي برأس مطرقة DIN 261	برغي برأس مسدس من الداخل (آلن) DIN 912	برغي برأس أسطواني DIN 84
برغي برأس نصف كروي DIN 86	برغي برأس غاطس DIN 87	برغي برأس عدسي DIN 85 (كذلك بشق تصالبي)	برغي برأس غاطس عدسي DIN 88	مسمار برأس رحوي DIN 404	مسمار جاويط DIN 938, 939
مسمار قطع ذاتي برأس مسدس شكل A	مسمار قطع ذاتي برأس أسطواني شكل B	مسمار قطع ذاتي برأس نصف كروي طبقا لمواصفات DIN 7513 شكل C	مسمار قطع ذاتي برأس غاطس شكل D	برغي برأس مجنح DIN 316	برغي برأس حلقي، ذو تجويف وعروة DIN 580
برغي برأس عال مخرش DIN 464	مسمار إحكام بمرتكز DIN 417 بنهاية مدببة DIN 553	صمولة مسدسة غير مشغلة DIN 555 DIN 934 مشغلة (h ≈ 0,8 · d) DIN 936 مسطحة (h ≈ 0,5 · d)	صمولة برجية DIN 935 صغيرة كبيرة	صمولة مشقوقة DIN 546 صمولة ذات ثقبين DIN 547	صمولة مجنحة DIN 315



مسامير البرشام والأصابع (التيل)

مسامير البرشام بقطر أقل من 10 mm (برشام الالواح)

مسمار برشام مجوف DIN 7331	مسمار برشام للسيور DIN 675	مسمار برشام برأس مفلطح الاستدارة DIN 674	مسمار برشام برأس عدسي DIN 662	مسمار برشام برأس غاطس DIN 661	مسمار برشام برأس نصف كروي DIN 660
St VII 23	سبيكة Al Cu	سبيكة Cu Ms Al	St 34 Cu Ms Al سبيكة Al	St 34 Cu Ms Al سبيكة Al	St 34 Cu Ms Al سبيكة Al
$D \approx 2 \cdot d$ $k \approx 0{,}4 \cdot d$	$D \approx 2{,}8 \cdot d$ $k \approx 0{,}3 \cdot d$	$D \approx 2{,}3 \cdot d$ $k \approx 0{,}5 \cdot d$	$D \approx 2 \cdot d$ $k \approx 0{,}5 \cdot d$	$D \approx 1{,}75 \cdot d$ $k \approx 0{,}5 \cdot d$	$D \approx 1{,}75 \cdot d$ $k \approx 0{,}6 \cdot d$
d = 3 4 5 6	d = 3 3,5 4 4,5	d = 1 1,4 2 2,6 3 3,5 4 5 6 7 8	d = 1,7 2 2,6 3 3,5 4,5 6 7 8	d = 1 1,4 1,7 2 2,6 3 3,5 4 5 6 7 8 9	

مسامير البرشام بأقطار من 10 mm إلى 36 mm للإنشاءات الفولاذية وصناعة المراجل

مسمار برشام عديم الرأس DIN 7341			مسمار برشام برأس غاطس DIN 302				مسمار برشام برأس نصف كروي للإنشاءات الفولاذية DIN 124			مسمار برشام برأس نصف كروي لأشغال المراجل DIN 123			قطر مسمار برشام غير مشغل (خام)
St 50, Ms 58, Al Mg 3			St 34				St 34			St 34			
يعطى التفاوت h 9 أو h 11	شكل B ≈120°	شكل A											
t_1	d_2	القطر الإسمي d_1	α	R	w	k	D	R	k	D	R	k	D	d
–	–	2	75°	27	1	3	14,5	8	6,5	16	9,5	7	18	10
–	–	2,5		41	1	4	18	9,5	7,5	19	11	9	22	12
1,5	2	3		58	1	5	21,5	11	9	22	13	10	25	14
2	2,5	4		85	1	6,5	26	13	10	25	14,5	11,5	28	16
2,5	3,5	5		113	1	8	30	14,5	11,5	28	16,5	13	32	18
3	4,5	6	60°	124,5	1	10	31,5	16,5	13	32	18,5	14	36	20
4	6,5	8		75,5	2	11	34,5	18,5	14	36	20,5	16	40	22
5	8	10		91	2	12	38	20,5	16	40	22	17	43	24
6	10	12		111	2	13,5	42	22	17	43	24,5	19	48	27
6	11	(13)	45°	114	2	15	42,5	24,5	19	48	27	21	53	30
7	12	14		136	2	16,5	46,5	27	21	53	30	23	58	33
8	13	16		164	2	18	51	30	23	58	33	25	64	36

تسمية برشام نصف كروي وقطر البرشام غير المشغل 16 mm وطوله 38 mm : DIN 124 38 × 16 نصف كروي . قطر ثقب البرشمة لمسامير برشام بقطر أكبر من 10 mm = قطر مسمار البرشام غير المشغل + 1 mm .

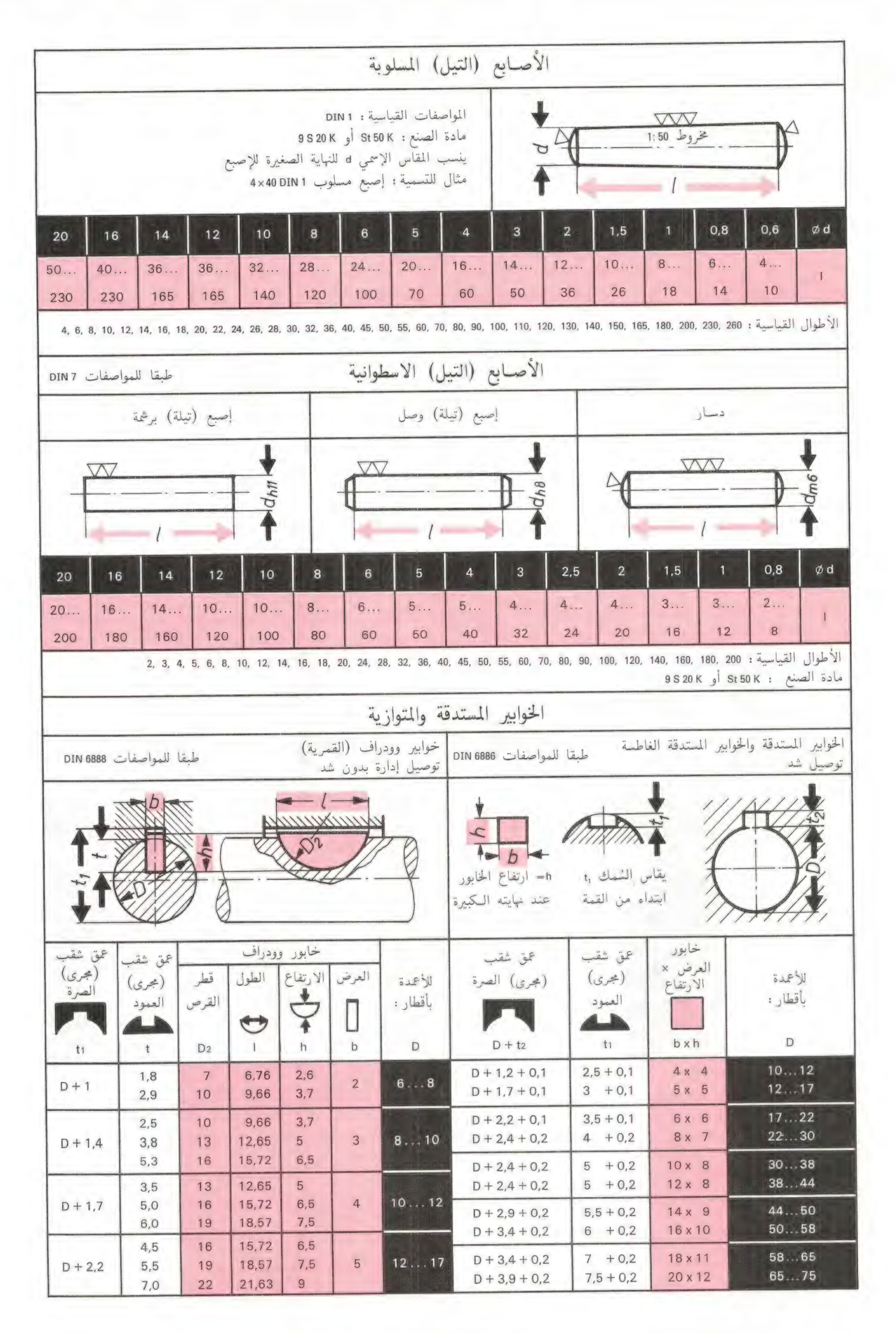
طول مسمار البرشام L

الطول التقريبي لمسمار البرشام L برأس برشمة نصف كروي

s = طول البرشمة — d_1 = قطر ثقب البرشمة — L = طول مسمار البرشام

في الإنشاءات الفولاذية	في أشغال المراجل بطول برشمة s حتى 54 mm :	في أشغال المراجل بطول برشمة s اكبر من 54 mm :
$L \approx 1{,}2 \cdot s + d_1$	$L \approx 1{,}5 \cdot s + d_1$	$L \approx 1{,}4 \cdot s + d_1$

العلاقة بين طول مسمار البرشام وطول البرشمة : أنظر DIN 124 اللوحات رقم 2 و 3 و 4 .



الأصابع (التيل) المسلوبة

المواصفات القياسية : DIN 1
مادة الصنع : St 50 K أو 9 S 20 K
ينسب المقاس الإسمي d للنهاية الصغيرة للإصبع
مثال للتسمية : إصبع مسلوب 4×40 DIN 1

∅ d	0,6	0,8	1	1,5	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
l	4... 10	6... 14	8... 18	10... 26	12... 36	14... 50	16... 60	20... 70	24... 100	28... 120	32... 140	36... 165	36... 165	40... 230	50... 230

الأطوال القياسية : 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 165, 180, 200, 230, 260

الأصابع (التيل) الاسطوانية

طبقا للمواصفات DIN 7

دسار	إصبع (تيلة) وصل	إصبع (تيلة) برشمة
d_{m6} , l	d_{h8} , l	d_{h11} , l

∅ d	0,8	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
l	2... 8	3... 12	3... 16	4... 20	4... 24	4... 32	5... 40	5... 50	6... 60	8... 80	10... 100	10... 120	14... 160	16... 180	20... 200

الأطوال القياسية : 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200
مادة الصنع : St 50 K أو 9 S 20 K

الخوابير المستدقة والمتوازية

الخوابير المستدقة والخوابير المستدقة الغاطسة
توصيل شد
طبقا للمواصفات DIN 6886

للأعمدة بأقطار : D	خابور العرض × الارتفاع b x h	عمق شقب (مجرى) العمود t_1	عمق شقب (مجرى) الصرة D + t_2
10...12	4 x 4	2,5 + 0,1	D + 1,2 + 0,1
12...17	5 x 5	3 + 0,1	D + 1,7 + 0,1
17...22	6 x 6	3,5 + 0,1	D + 2,2 + 0,1
22...30	8 x 7	4 + 0,2	D + 2,4 + 0,2
30...38	10 x 8	5 + 0,2	D + 2,4 + 0,2
38...44	12 x 8	5 + 0,2	D + 2,4 + 0,2
44...50	14 x 9	5,5 + 0,2	D + 2,9 + 0,2
50...58	16 x 10	6 + 0,2	D + 3,4 + 0,2
58...65	18 x 11	7 + 0,2	D + 3,4 + 0,2
65...75	20 x 12	7,5 + 0,2	D + 3,9 + 0,2

خوابير وودراف (القمرية)
توصيل إدارة بدون شد
طبقا للمواصفات DIN 6888

للأعمدة بأقطار : D	خابور وودراف: العرض b	الارتفاع h	الطول l	قطر القرص D_2	عمق شقب (مجرى) العمود t	عمق شقب (مجرى) الصرة t_1
6...8	2	2,6	6,76	7	1,8	D + 1
		3,7	9,66	10	2,9	
8...10	3	3,7	9,66	10	2,5	D + 1,4
		5	12,65	13	3,8	
		6,5	15,72	16	5,3	
10...12	4	5	12,65	13	3,5	D + 1,7
		6,5	15,72	16	5,0	
		7,5	18,57	19	6,0	
12...17	5	6,5	15,72	16	4,5	D + 2,2
		7,5	18,57	19	5,5	
		9	21,63	22	7,0	



التشكيل بدون قطع

نصف قطر الحني

تؤخذ القيم الدقيقة طبقا للمواصفات القياسية DIN 6935



المقاس الأصغر لعرض الحني :
$b = 5 \cdot S$

سُمك اللوح s(mm)															مادة الصنع
6	5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1,2	1	0,75	0,6	0,5	0,4	0,3	
10	6	6	4	4	4	2,5	2,5	1,5	1,5	1	1	0,6	0,6	0,6	StCu MsAl
15	15	10	10	10	6	6	4	4	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5	1	Al-Cu-Mg Al-Mg-Si
						10	6	4	4	4	2,5	2,5	1,5	1,5	Mg-Al
القيم المعتادة لنصف قطر الحني r(mm)															

قيم تقريبية : للفولاذ : $R = 1...3 \cdot s$ وللسبيكة Al-Cu-Mg : $R = 3 \cdot s$ ، وللسبيكة Mg-Al : $R = 4 \cdot s$

الأطوال المفرودة

الطول المفرود (طول الإفراد) للوح محني = طول الطبقة المتعادلة .

ويكون الفرق بين المقاسات الخارجية وطول الطبقة المتعادلة هو التقصير V

الطول المفرود L= مجموع المقاسات الخارجية – التقصير V × عدد الحنيات

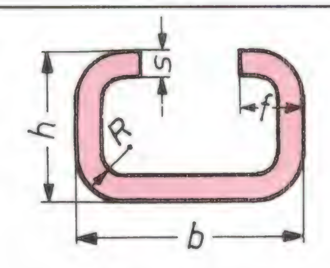
$$L = l_1 + l_2 - V \cdot n$$

ويتوقف مقدار التقصير على سُمك اللوح ونصف قطر الحني ، ويتم حسابه وفقا للصيغة التالية :

$$V = 0{,}43 \cdot R + 1{,}482 \cdot s$$

الطبقة المتعادلة (l_1, l_2)

سُمك اللوح s(mm)															نصف قطر الحني R (mm)
6	5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1,2	1	0,75	0,6	0,5	0,4	0,3	
9,2	7,7	6,2	5,5	4,7	3,5	3,2	2,5	2	1,7	1,4	1,2	1	0,9	0,7	0,6
9,3	7,8	6,4	5,6	4,9	4,1	3,4	2,7	2,2	1,9	1,5	1,3	1,2	1	0,9	1
9,5	8,1	6,6	5,8	5,1	4,4	3,6	2,9	2,4	2,1	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1	1,5
10	8,5	7	6,3	5,5	4,8	4	3,3	2,9	2,6	2,2	2	1,8	1,7	1,5	2,5
10,6	9,1	7,7	6,9	6,2	5,4	4,7	3,9	3,5	3,2	2,8	2,6	2,5	2,3	2,2	4
11,5	10	8,5	7,8	7	6,3	5,5	4,8	4,4	4,1	3,7	3,5	3,3	3,2	3	6
13	11,7	10,2	9,5	8,8	8	7,3	6,5	6,1	5,8	5,5	5,2	5	4,9	4,7	10
15,5	13,9	12,4	11,6	10,9	10,2	9,4	8,7	8,2	8	7,6	7,3	7,2	7	6,9	15
17,5	16	14,5	13,8	13	12,3	11,6	10,8	10,4	10	9,7	9,5	9,3	9,2	9	20
التقصير V بوحدة (mm)															



$b = 60$, $h = 30$, $f = 19$

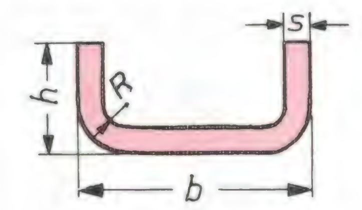
$R = 6$, $s = 3{,}5$

من الجدول : $V = 7{,}8$

$L = b + 2h + 2f - 4V$

$= 60\ mm + 2 \cdot 30\ mm + 2 \cdot 19\ mm$

$- 4 \cdot 7{,}8\ mm = \underline{126{,}8\ mm}$



$b = 50$, $h = 25$

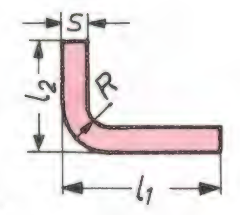
$R = 4$, $s = 2{,}5$

من الجدول : $V = 5{,}4$

$L = b + 2h - 2 \cdot V$

$= 50\ mm + 2 \cdot 25\ mm - 2 \cdot 5{,}4\ mm$

$= \underline{89{,}2\ mm}$



$l_1 = 60$, $l_2 = 40$

$R = 6$, $s = 5$

من الجدول : $V = 10$

$L = l_1 + l_2 - V$

$= 60\ mm + 40\ mm - 10\ mm$

$= \underline{90\ mm}$

مقاسات لوحات الرسم ومقاييس الرسم

طبقا للمواصفات DIN 823

مقاس اللوحة	مقاس اللوحة المطبوعة بعد القطع (لوحة جاهزة)	الهامش a	اللوحة غير المقطوعة
4 A 0	1682 × 2378	20	1720 × 2420
2 A 0	1189 × 1682	15	1230 × 1720
A 0	841 × 1189	10	880 × 1230
A 1	594 × 841	10	625 × 880
A 2	420 × 594	10	450 × 625
A 3	297 × 420	10	330 × 450
A 4	210 × 297	5	240 × 330
A 5	148 × 210	5	165 × 240
A 6	105 × 148	5	120 × 165

مقاس قطع اللوحة المطبوعة (اللوحة الجاهزة)

مقاس اللوحة قبل القطع

الجدول وقائمة الأجزاء

a

يسمح بترك هامش خارجي عرضه 25 mm في لوحات الرسم الصغيرة مما يقلل من المساحة المستعملة في اللوحة الجاهزة. ويمكن استخدام اللوحات من جميع المقاسات في الوضع الرأسي أو الوضع الأفقي.

مقياس الرسم: المقاس الطبيعي: 1:1

للتصغير: 1:2,5 1:5 1:10 1:20 1:50 1:100 1:200 (ترسم الإنشاءات الفولاذية بمقياس رسم 1:15 أيضا)

للتكبير: 2:1 5:1 10:1

يكتب مقياس الرسم الرئيسي للرسم في جدول البيانات بخط كبير، بينما تكتب مقاييس الرسم الأخرى بخط صغير. وتعاد كتابة الأخيرة بجانب المساقط التابعة لها مرة أخرى.

الخطوط

طبقا للمواصفات DIN 15

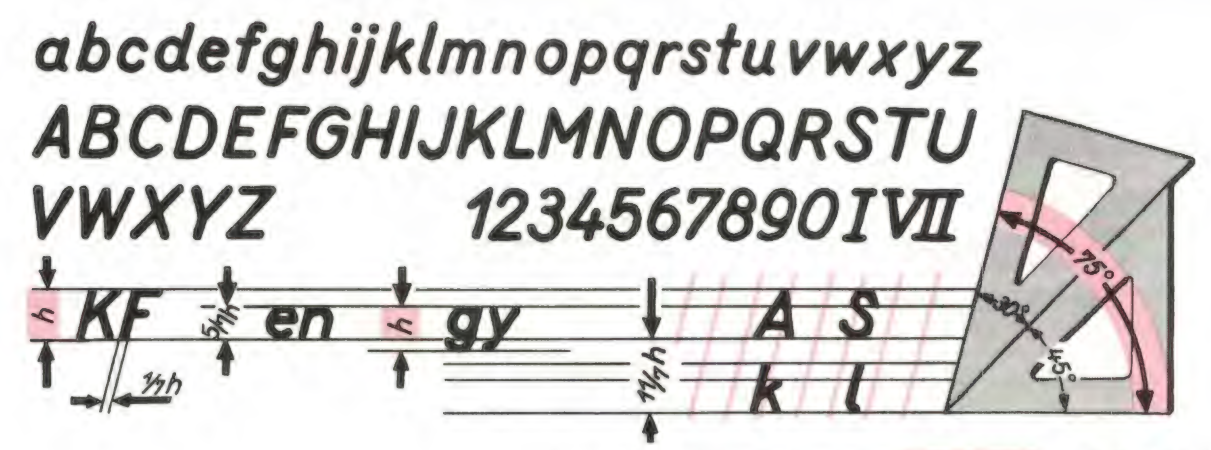
أنواع الخطوط	الاستخدام	عرض الخطوط للمجموعة 1			
أ) خط تخين كامل	الحواف الظاهرة	0,25	0,35	0,5	0,7
ب) خط رفيع كامل	خطوط الأبعاد والإسقاط والخطوط المساعدة	0,13	0,18	0,25	0,35
جـ) خط متقطع	الحواف المختفية	0,18	0,25	0,35	0,5
د) خط تخين من شرط ونقط (عريض وأقصر من هـ)	لتحديد مسار القطع	0,25	0,35	0,5	0,7
هـ) خط رفيع من شرط ونقط	خطوط المحاور	0,13	0,18	0,25	0,35
و) خط يدوي حر	خطوط الكسر	0,13	0,18	0,25	0,35

للرسومات المدرسية العادية، تصلح مجموعات الخطوط: 0,25 – 0,35 – 0,5 ويمكن بلوغ تخانات الخطوط المعطاة في المخطط بأجهزة الكتابة والرسم بالحبر الشيني أنظر المواصفات القياسية DIN 6775

أقلام الرسم: للرسم الأولي: صلادة كاستل 2H
للرسم النهائي: صلادة كاستل HB أو F
للكتابة على الرسم: صلادة كاستل B أو HB

الكتابة القياسية المائلة للرسومات، كتابة متوسطة

طبقا للمواصفات DIN 16



مقاسات الكتابة: 1,8 2,5 3,5 5 7 10 14 20. تفضل المقاسات من 2,5 حتى 7.

ارتفاع الحروف الأبجدية اللاتينية الكبيرة = 10/10 h والمسافة الصغرى بين الحروف = 2/10 · h وتخانة الخط للكتابة طبقا لمواصفات DIN 15 ≈ 1/10 h ارتفاع الحروف الأبجدية اللاتينية الصغيرة = 7/10·h والمسافة الصغرى بين السطور = 16/10 · h.

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
«أ»			
إتحاد الفنيين الكهربائيين الألمان VDE تطابق المنتجات التي تحمل علامة VDE التعليمات واللوائح الصادرة عن الاتحاد المذكور	VDE, Kurzzeichen für Verband Deutscher Elektrotechniker. Erzeugnisse mit dem VDE-Zeichen entsprechen den Vorschriften, die der Verband herausgegeben hat	VDE, abbreviation for «Verband Deutscher Elektrotechniker» (Association of German Electrotechnicians). Products marked with the VDE-sign conform with specifications issued by the Association	١١٩
إتصال أرضي (نتيجة خلل)	Erdschluß	short circuit to ground	١٢٠
إجراءات الوقاية ضد جهد التلامس العالي	Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung	protective measures against excessive contact voltage	١٢٢
إجنيترون صمام مقوّم وحيد المصعد ، ممتلئ ببخار الزئبق ويستخدم كصمام وصل وفصل	Ignitron, einanodige Quecksilber-dampfgleichrichterröhre, die als Schaltröhre verwendet wird	ignitron, single-anode mercury-vapor rectifier, used as switching valve	١٢٢
إجهاد الشد للخطوط الهوائية	Zugspannung für Freileitungen	tensile stress for overhead lines	٧٧
أجهزة القياس	Meßgeräte	measuring instruments	١٩٠
أجهزة تبديل التيار الكهربائي تسمية جماعية لمقومات التيار ومبدلات التيار المستمر ومحولات الذبذبة	Stromrichter, Sammelbezeichnung für Gleichrichter, Wechselrichter und Umrichter	current converters, collective designation for rectifiers, inverters and static frequency converters	١٨٢
أجهزة كبح التيار لمصابيح الفلورسنت	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen	starting stages (ballasts) for fluorescent lamps	١٣٢
إحتكاك	Reibung	friction	٧٦
أحمال التوصيل للأجهزة الكهربائية المنزلية	Anschlußwerte elektrischer Haushaltsgeräte	connected loads of domestic appliances	١١٨
إدارة (نقل الحركة) بالترس الدودي والدودة	Schneckentrieb	worm and worm gear drive	٧٦
إدارة (نقل الحركة) بالتروس	Zahnradtrieb	gear drive	٧٥
إدارة (نقل الحركة) بالسيور	Riementrieb	belt drive	٧٥
إرتفاع المحور للمكنات الكهربائية	Achshöhe von elektrischen Maschinen	axis height of electric machines	١٥٢
إزاحة طورية (إزاحة الطور) ظاهرة موجودة في التيار المتردد عند التحميل الحثي أو السعوي حيث يختلف اتجاها التيار والجهد	Phasenverschiebung, Erscheinung bei Wechselstrom mit induktiver oder kapazitiver Belastung, wobei Strom und Spannung nicht die gleiche Richtung haben	phase shift, phenomenon by a.c. with inductive or capacitive loading, where current and voltage do not have the same direction	٩٠، ٩١، ٩٢

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
	decarburization of steels, extraction of carbon (mostly limited to surface zones)	Entkohlung von Stählen, Kohlenstoffentzug (meist auf Randzonen beschränkt)	إزالة الكربنة من الفولاذ تخليص الفولاذ من الكربون (مقصورة غالبا على الطبقة السطحية)
١٥٣	operational modes of electric machines	Betriebsarten elektrischer Maschinen	أساليب تشغيل المكنات الكهربائية
٣٢	asbestos, fibrous mineral, fire-proof, acid-proof, used for heat protection and heat insulation	Asbest, faseriges Mineral, feuerfest, säurefest, dient als Wärmeschutz und Wärmeisolation	أسبستوس مادة تعدينية ليفية مقاومة للنيران والأحماض ، تستخدم للوقاية من الحرارة وللعزل الحراري
١٦٢	external excitation, excitation of a machine by an external power source (not including the coupled exciter)	Fremderregung, Erregung einer Maschine durch eine fremde Stromquelle (die gekuppelte Erregermaschine nicht eingeschlossen)	إستثارة خارجية إستثارة مكنة كهربائية باستخدام مصدر كهربائي خارجي (لا يدخل في ذلك آلة الاستثارة المقرنة مع المكنة)
١٤٧	self-excitation, excitation of a machine by a self-generated current with the aid of remanence	Selbsterregung, Erregung einer Maschine durch einen von ihr selbst erzeugten Strom mit Hilfe der Remanenz	إستثارة ذاتية إستثارة لمكنة بتيار كهربائي مولّد منها بالاستعانة بالمحتفظية
	intrinsic excitation, excitation of a machine by a coupled exciter serving only for excitation	Eigenerregung, Erregung einer Maschine durch eine mit ihr gekoppelte Erregermaschine, die nur der Erregung dient	إستثارة مستقلة إستثارة مكنة كهربائية بواسطة آلة استثارة مقرنة معها ، مهمتها الاستثارة فقط
١٠	elongation (strain)	Dehnung	إستطالة (انفعال)
٩٢	three-phase current consumption	Drehstromverbrauch	إستهلاك التيار المتردد ثلاثي الأطوار
١٥٠	power consumption of motors	Leistungsaufnahme von Motoren	إستهلاك القدرة في المحركات
٦٤، ٦٥	powers (mathematics)	Potenzen	أسس
٦٤	powers of ten	Zehnerpotenzen	أسس عشرية (قوى العشرة)
١٨٣	semiconductors, 1. materials of neither good nor bad conductivity 2. materials which provide high electric resistance in one direction (inverse direction) after special treatment	Halbleiter, 1. Stoffe mit weder guter noch schlechter Leitfähigkeit 2. Stoffe, die durch besondere Behandlung in einer Richtung (Sperrichtung) hohen elektrischen Widerstand aufweisen	أشباه الموصلات ١ – مواد ذات موصلية متوسطة الجودة ٢ – مواد تظهر مقاومة كهربائية عالية جدا في اتجاه معين (إتجاه الحجز أي إتجاه منع تدفق التيار الكهربائي) بعد معالجة خاصة
١٤٨	design types of electric machines	Bauformen elektrischer Maschinen	أشكال تصميم المكنات الكهربائية
٢١١	pin	Stift	أصبع (تيلة)
٢١٢	cylindrical pin	Zylinderstift	أصبع (تيلة) أسطواني
٢١٢	taper pin	Kegelstift	أصبع (تيلة) مستدق

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٣٢	synthesis, artificial composition of chemical compounds made of simple substances or elements	Synthese, künstlicher Aufbau chemischer Verbindungen aus einfachen Stoffen oder Grundstoffen	اصطناع ، تحضير : إنتاج اصطناعي للمركبات الكيميائية من المواد أو العناصر الأولية
١٠٠ ، ١٠١ ١٤١	illumination	Beleuchtung	إضاءة – إستضاءة
	trip-free release, device between operating element and switch mechanism allowing the switch to release even if the operating element is held after the contact (VDE 0641, para.9)	Freiauslösung, Vorrichtung zwischen Bedienungselement und Schaltwerk, die es gestattet, daß der Schalter auch dann auslösen kann, wenn nach erfolgter Kontaktgabe das Bedienungselement (Schaltergriff) festgehalten wird (VDE 0641, § 9)	إعتاق حر : جهاز موجود بين عنصر التشغيل وجهاز التشغيل ، يسمح بإعتاق المفتاح الكهربائي حتى عند إعاقة عنصر التشغيل (مقبض الإدارة) عن الحركة لحظة الوصل . (VDE 0641 فقرة 9)
	dimming, diminishing, intensity (brilliance) control of artificial lighting	Dimmern, vermindern, Helligkeitssteuerung einer künstlichen Beleuchtung	إعتام : تقليل أو تحكم في سطوع إضاءة اصطناعية
١١٢	diameters of conduits	Durchmesser der Installationsrohre	أقطار أنابيب (مواسير) التركيبات الكهربائية
١٦	oxide, compound of an element with oxygen	Oxid, Verbindung eines Grundstoffes mit Sauerstoff	أكسيد ينتج عن اتحاد عنصر ما مع الأكسيجين
	polarization, processes take place at cell electrodes, leading to electric potential changes during current flow	Polarisation, Vorgänge an Elektroden von Elementen, die bei Stromdurchgang bewirken, daß sich das Elektrodenpotential ändert	الاستقطاب : عمليات تحدث عند أقطاب الخلايا تتسبب في تغيير جهد الأقطاب عند مرور التيار .
١٠٠	light flux	Lichtstrom	التدفق الضوئي
١٢٣	neutralization	Nullung	التعادل (التوصيل الصفري)
١١٧	technical regulations of the power supply companies	Technische Bestimmungen der EVU	التعليمات الفنية لشركات الكهرباء
١٣٦	distribution	Verteilung	التوزيع (نظم توزيع التيار الكهربائي)
١١٣	minimum cross sections of lines	Mindestquerschnitte der Leitungen	الحد الأدنى لمساحات مقاطع خطوط التوصيل
٣٩	electrical properties of insulating materials	elektrische Eigenschaften der Isolierstoffe	الخواص الكهربائية للمواد العازلة
٨ ، ١٠ ، ٢٢ ، ١٤٦	Aldrey, aluminium alloy for electric conductors (overhead lines)	Aldrey, Al-Legierung für elektrische Leiter (Freileitungen)	ألدري ، سبيكة ألومنيوم للموصلات الكهربائية (خطوط التوصيل الهوائية)
٢٠٥	logical circuits	Logik-Schaltungen	الدوائر المنطقية
٧٩	electrochemical voltage series	elektrolytische Spannungsreihe	السلسلة الكهروكيميائية

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٢٨	live installation	Arbeiten unter Spannung	العمل مع وجود جهد كهربائي
١٥٥	losses in electric machines	Verluste in elektrischen Maschinen	الفقد في المكنات الـكهربائية
٧٩	electrolyte conductor of ions (e.g. sulpheric acid) between electrodes	Elektrolyt, Ionenleiter (z.B. Schwefelsäure) zwischen Elektroden	إلـكتروليت (محلول إلـكتروليتي) موصل للأيونات بين الأقطاب الـكهربائية (مثل حامض الـكبريتيك)
٨٣	electron	Elektron	إلـكترون
	electronvolt (eV), 1 eV is the energy gained by an electron when accelerated through an electric field of 1 V	Elektronvolt (eV), 1 eV ist die Energie, die 1 Elektron erhält, wenn es in einem elektrischen Feld von 1 V beschleunigt wird	إلـكترون ڤولط (eV) . 1 eV هو الطاقة التي يكتسبها إلـكترون واحد عند تسارعه في مجال كهربائي قدره 1 V
١٢٧	prohibited area	Sperrfläche	المنطقة المحظورة
١٧	dynamo sheets	Dynamobleche	ألواح صاج المولدات الـكهربائية
١٧ ، ١٧٩	transformers' sheets	Transformatorenbleche	ألواح صاج المحولات
٢٩	flat aluminium	Flachaluminium	ألومنيوم مسطح
٤٥	ampere (A), basic unit, unit of measure of electric current 1. 1 A is the current which precipitates 1.118 mg of silver from a solution of silver nitrate in one second (old definition) 2. 1 A=1 coulomb per second	Ampere (A), Basiseinheit, Maßeinheit für den elektrischen Strom 1. 1 A ist diejenige Stromstärke, die aus einer Silbernitratlösung in einer Sekunde 1,118 mg Silber ausscheidet (überholt) 2. 1 A=1 Coulomb je Sekunde	أمبير (A) ، وحدة أساسية : وحدة (قياس) التيار الـكهربائي ١ – 1 A هو شدة التيار التي تتسبب في فصل 1,118 mg من الفضة عن محلول نترات الفضة بالتحليل الـكهربائي في الثانية الواحدة (تعريف سابق) ٢ – 1 A=1 كولوم (C) لكل ثانية
	absorption, sucking up of rays (waves). Weakening of light (mostly transformation into heat)	Absorption, Aufsaugung von Strahlen (Wellen). Schwächung von Licht (Umwandlung meist in Wärme)	إمتصاص إمتصاص الأشعة (الموجات) . إضعاف شدة الضوء (بتحويله غالبا إلى حرارة)
١٣٩	high-voltage low-pressure discharge lamps	Hochspannungsleuchtröhren	أنابيب إضاءة للجهد العالي
١٣٨ ، ١٣٩	fluorescent lamp, discharge lamp for high-voltage with cold electrodes, known as the neon tube. The filling consists of an inert gas or of a mixture with Hg-vapor	Leuchtröhre, Entladungslampe für Hochspannung mit kalten Elektroden, bekannt unter dem Namen Neonröhre. Die Füllung besteht aus einem Edelgas oder aus einem Gemisch mit Hg-Dampf	أنبوب ضيائي (مصباح فلورسنتي) مصباح تفريغي للجهد العالي ، ذو أقطاب باردة أي غير متوهجة ، يعرف باسم أنبوب النيون ويعبأ بغاز خامل أو خليط مع بخار الزئبق .
١٣٨	fluorescent tube, discharge lamp with cold electrodes for high voltage. It contains a luminescent material. The light originates	Leuchtstoffröhre, Entladungslampe mit kalten Elektroden für Hochspannung. Sie enthält einen fluoreszierenden Stoff (Leuchtstoff). Das Licht geht in der	أنبوب فلورسنتي . مصباح تفريغي بأقطاب باردة للجهد الـكهربائي العالي ، يحتوي على مادة فلورسنتية (ضيائية) . وتنتج الإضاءة بصورة رئيسية من المادة الضيائية التي

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
	mainly from the luminescent material, excited by the ultraviolet rays of the discharge	Hauptsache vom Leuchtstoff aus, der durch die ultravioletten Strahlen der Entladung angeregt wird	تستثار بواسطة الأشعة فوق البنفسجية الناشئة عن التفريغ .
١٤٢	reflection, rejection of rays (waves), a reradiation	Reflexion, Zurückwerfung von Strahlen (Wellen), Rückstrahlung	إنعكاس : إعادة إرسال الأشعة (الموجات) إشعاع عكسي
٩٦	permeability, μ quotient of magnetic flux density B and magnetic field intensity H	Permeabilität, μ Quotient aus magnetischer Flußdichte B und magnetischer Feldstärke H	إنفاذية μ : خارج قسمة كثافة التدفق المغنطيسي B على شدة المجال المغنطيسي H .
	inversion, reversing. In digital control and regulation technology a larger input signal is converted into a smaller output signal (or vice versa) in inverters	Inversion, Umkehrung. In der digitalen Steuerungs- und Regelungstechnik wird in einem Inverter (Umkehrer) aus einem großen Eingangssignal ein kleines Ausgangssignal gemacht oder umgekehrt	انقلاب أو عكس . في هندسة التحكم والتنظيم الرقميين ، يتم بواسطة المقومات العكسية تحويل إشارة نبضية كبيرة عند المدخل إلى إشارة نبضية صغيرة عند المخرج والعكس .
١٢٠	types of faults in electric installations	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	أنواع الخلل (العطل) في التجهيزات الكهربائية
١١٩	types of rooms	Raumarten	أنواع الغرف
١٢٧	types of earth electrodes	Erderarten	أنواع المؤرضات
١١٩	types of conductors	Leiterarten	أنواع الموصّلات
١٤٩	kinds of protection	Schutzarten	أنواع الوقاية (لمعدات التشغيل الكهربائية)
٨٧	electrochemical equivalent weights	elektrochemische Äquivalentgewichte	أوزان كهروكيميائية مكافئة (مكافئات كهروكيميائية)
٤٥	ohm (Ω)	Ohm (Ω)	أوم (Ω)
٨٠	oscillation, to-and fro motion of a body over a point of rest. In electrotechnics: periodic change of an electric or magnetic quantity. 1 oscillation = 1 cycle	Schwingung, eine Hin-und Herbewegung eines Körpers um einen Ruhepunkt. In der Elektrotechnik: periodische Änderung einer elektrischen oder magnetischen Größe. 1 Schwingung = 1 Periode	إهتزاز ، ذبذبة : الحركة الترددية لجسم حول نقطة سكون . في الهندسة الكهربائية : التغير الدوري لكمية كهربائية أو مغنطيسية ذبذبة واحدة = دورة واحدة
			« ب »
١٣٢	starter (igniter), gadget which affects the ignition of a fluorescent lamp after a short preheating of the electrodes	Starter (Zünder), Vorrichtung, die das Zünden einer Leuchtstofflampe nach kurzzeitiger Vorheizung der Elektroden bewirkt	بادئ (الإشعال) جهاز لإشعال مصباح فلورسنتي بعد تسخين الأقطاب مسبقا لمدة قصيرة
١٥٦	starter	Anlasser	بادئ التشغيل
٤٣، ٤٤	bar, unit of pressure	bar, Druckeinheit	بار (bar) ، وحدة الضغط
٢٠٨	metric screws and threads	metrische Schrauben und Gewinde	براغي ولوالب مترية

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٢٠٨	screw	Schraube	برغي – مسمار ملولب
٣٧	presspahn	Preßspan	برسبان ، مادة ليفية عازلة
٢١١	rivet	Niet	برشام (مسمار البرشام)
٧	permalloy, iron-nickel alloy with good magnetic properties (for transformer sheets)	Permalloy, Eisen-Nickellegierung mit guten magnetischen Eigenschaften (für Übertragerbleche)	برمالوي : الاسم التجاري لسبيكة من الحديد والنيكل ذات خواص مغنطيسية جيدة (تستخدم في صناعة ألواح النواقل)
	proton, positively-charged nucleon	Proton, positiv geladener Kernbaustein eines Atoms	بروتون : لبنة بنائية لنواة الذرة تحمل شحنة موجبة
١٩، ٢٠	bronze	Bronze	برونز
١٩	gun metal	Rotguß	برونز المدافع (سبيكة النحاس الأحمر)
٧٣	tackle	Flaschenzug	بكّارة
٧٣	fixed or movable pulley	feste oder lose Rolle	بكرة ثابتة أو متحركة
٤٦	bel	Bel	بل (bel)
٦	crystal	Kristall	بلّورة
٣٢، ٣٦، ٣٨	polyethylene	Polyäthylen	بولي إثيلين
٣٢، ٣٥	polyamide	Polyamid	بولي أميد
٣٢، ٣٦	polypropylene	Polypropylen	بولي بروبيلين
٣٣، ٣٨	polyester	Polyester	بوليستر
٣٢، ٣٥	polystyrene	Polystyrol	بوليستيرول
٣٢، ٣٥، ٣٨	polycarbonate	Polycarbonat	بوليكربونات
٣٢، ٣٤	buna	Buna	بونا (كتل كاوتشوك اصطناعي مبلمر)
			« ت »
١٢٧	earthing	Erdung	تأريض
١٢٤	protective earthing	Schutzerdung	تأريض وقاية
٢١	corrosion, decomposition of materials in consequence of chemical combinations, starting from the surface	Korrosion, Zersetzung von Werkstoffen infolge chemischer Verbindungen, von der Oberfläche ausgehend	تآكل كيميائي : تحلل خامات التصنيع ابتداء من السطح ، نتيجة لعمليات الاتحاد الكيميائي .
١٧٧	self-cooling, the cooling air is moved without the help of a ventilator	Selbstkühlung, die Kühlluft wird ohne Zuhilfename eines besonderen Lüfters bewegt	تبريد ذاتي : يتم فيه تحريك هواء التبريد بدون استخدام جهاز تهوية إضافي (مروحة)
١١٩	electrical installation (plant)	elektrische Anlage	تجهيزة كهربائية (منشأة كهربائية)
٢٠٦	control	Steuerung	تحكّم

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
تحكّم باستخدام ثايرستور	Thyristorsteuerung	thyristor control	٢٠٤
تحكّم رقمي	digitale Steuerung	digital control	٢٠٥
تحليل كهربائي : فصل المركبات الكيميائية الذائبة في المحاليل بواسطة التيار الكهربائي	Elektrolyse, Trennung von in Flüssigkeiten gelösten chemischen Verbindungen durch den elektrischen Strom	electrolysis, separation of chemical compounds dissolved in fluids by means of the electric current	١٨٣
تحميل مفاعل في دائرة التيار المتردد	Blindbelastung im Wechselstromkreis	reactive loading in an a.c. circuit	٨٢
تدفئة الغرف	Raumheizung	space heating	١٩٧
ترانزستور	Transistor	transistor	٢٠٣
ترتيب خطوط التوصيل بالنسبة للأقطار المتوسطة للمواسير	Zuordnung der Leitungen zu Rohrweiten	coordination of the wires according to the mean diameters of pipes	١١٢
تردّد : عدد الذبذبات في الثانية الواحدة	Frequenz, Anzahl der Perioden (Schwingungen) je Sekunde	frequency, number of cycles (oscillations) per second	٦٢
تسارع	Beschleunigung	acceleration	٧٢
تسارع الجاذبية الأرضية	Fallbeschleunigung	gravitational acceleration	٧٢
تسخين بالكهرباء	Elektrowärme	electric heating	٨٧، ١٩٧
تسقية : تبريد فجائي للمشغولة	Abschrecken, rasches Abkühlen eines Werkstückes	quenching, quick cooling of a workpiece	١٤
تشغيل دقيق المراحل (تقلقل) : فصل تيار السكون لمحرك كهربائي وفقا لتتابع التشغيل	Tippbetrieb, betriebsmäßiges Abschalten des Motorstillstandsstromes	inching, operational interrupting of motor stalling current	١٥١
تصليد غلافي : تصليد بعد كربنة مسبقة (للسطح)	Einsatzhärten, Härten nach vorhergegangenem Aufkohlen (der Oberfläche)	case hardening, hardening after preceding carburization (of surface)	١٤
تغيّر المقاومة نتيجة التغير في درجة الحرارة	Widerstandsänderung infolge Temperaturänderung	resistance variation as a result of temperature change	٨٤، ٢٠٠
تفرع التيار	Stromverzweigung	current branching	٨٤
تقويم الجهود الكهربائية المترددة	Gleichrichtung von Wechselspannungen	rectification of a.c. voltages	٩٨
تكاليف الطاقة الكهربائية	Stromkosten	costs of electric energy	٨٧
تكثيف في الكيمياء : إتحاد الجزيئات العضوية بواسطة روابط كربونية .	Kondensation, in der Chemie: Vereinigung von organischen Molekülen durch Kohlenstoffbindungen	condensation, in chemistry: consolidation of organic molecules by carbon bonds	

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
	adhesion, adhering force (molecular force), clinging of materials (e.g. of thin plates) to each other	Adhäsion, Anhangskraft (Molekularkraft). Das Haften von Stoffen aneinander (z.B. von dünnen Blechen)	تلاصق : قوة الترابط (قوة جزيئية) : إلتصاق المواد ببعضها، (كالألواح المعدنية الرقيقة مثلا)
٢٠٠	sintering, heating up of materials to the beginning of melting so that they agglomerate	Sintern, Stoffe bis zum beginnenden Schmelzen erhitzen, so daß sie zusammenbacken	تلبيد : تسخين المواد حتى بداية الانصهار بحيث تتكتل معا
	cohesion, internal molecular binding force of molecules (molecular force)	Kohäsion, innere Zusammenhangskraft der Moleküle (Molekularkraft)	تماسك : قوة الترابط الداخلية للجزيئات (القوة الجزيئية)
١١	thermal expansion	Wärmeausdehnung	تمدد بالحرارة
١١	linear expansion	Längenausdehnung	تمدد طولي
١١٦	lines installation	Leitungsverlegung	تمديد خطوط التوصيل
٦٣	proportion	Proportion	تناسب ، نسبة
٢٠٦	regulation	Regelung, Regeln	تنظيم
١٩٧	ventilation	Entlüftung	تهوية بطرد الهواء
١٧٧	forced ventilation, coolant is moved by a device with its own driving motor	Fremdlüftung, das Kühlmittel wird durch ein Gerät mit eigenem Antriebsmotor bewegt	تهوية جبرية : يتم تحريك وسيط التبريد بجهاز مستقل ذي محرك إدارة خاص به
	induced ventilation, cooling air is produced by a ventilator fixed to the rotor or driven by it	Eigenlüftung, die Kühlluft wird durch einen am Läufer angebrachten oder von ihm selbst angetriebenen Lüfter bewegt	تهوية ذاتية (تهوية حثية) يتم تحريك هواء التبريد بواسطة مروحة مركبة على عضو الإنتاج أو مدارة بواسطته
١٢٦	connection of non-stationary current consumers	Anschluß beweglicher Stromverbrauchsgeräte	توصيل أجهزة استهلاك التيار المتنقلة
٨٩	bridge connection	Brückenschaltung	توصيلة (دائرة توصيل) قنطرية
٩٢	delta connection	Dreieckschaltung	توصيلة مثلثية (توصيلة دلتا)
٩٢	star connection	Sternschaltung	توصيلة نجمية
١٥٠	nominal currents of three-phase motors	Nennströme von Drehstrommotoren	تيارات كهربائية إسمية للمحركات ثلاثية الأطوار
٩	leakage current, current developing between live parts owing to impurities on the surface of a material which insulates well while dry and clean	Kriechstrom, Strom, der sich zwischen unter Spannung stehenden Teilen auf der Oberfläche eines im trockenen, sauberen Zustand gut isolierenden Stoffes infolge von Verunreinigungen bildet	تيار التسرب : التيار الكهربائي الذي ينشأ بين الأجزاء الواقعة تحت جهد كهربائي ، والموجودة على سطح مادة جيدة العزل عندما تكون جافة ونظيفة ، وذلك بسبب الشوائب أو التلوث .
١٢٠	fault current	Fehlerstrom	تيار الخلل

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٢١	breaking current	Abschaltstrom	تيار الفصل ، تيار إبطال التشغيل
٩٢	three-phase current, current resulting from three interlinked (interconnected) alternating currents, mutually shifted by 120°	Drehstrom, Drehstrom, Dreiphasen-Wechselstrom. Drei gegenseitig um 120° verschobene Wechselströme, die miteinander verkettet (zusammengeschaltet) sind	تيار ثلاثي الأطوار (تيار دوّار) تيار متردد ثلاثي الأطوار : هو التيار الناتج عن التوصيل الموحد (التعاقبي) لثلاث تيارات كهربائية مترددة ، مزاحة طوريا بالنسبة لبعضها بزاوية قدرها 120° .
٩١	two-phase current	Zweiphasenstrom	تيار ثنائي الطور
٨٠	sinusoidal current	Sinusstrom	تيار جيبي
٨٠، ٨٣	electric current	elektrischer Strom	تيار كهربائي
٨٠	nominal current	Nennstrom	تيار كهربائي إسمي
٨٠	beating current	Schwebungsstrom	تيار كهربائي تضاربي
٨٠	mixed (compound) current	Mischstrom	تيار كهربائي مختلط
٨٠	frequency-modulated current	frequenzmodulierter Strom	تيار كهربائي مضمن التردد
٨٠	amplitude-modulated current	amplitudenmodulierter Strom	تيار كهربائي مضمن سعة الذبذبة
٨٠، ٩٠	alternating current (a.c.)	Wechselstrom	تيار متردد (تيار متغير)
٨٠	direct current (d.c.)	Gleichstrom	تيار مستمر

« ث »

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٣٣	dielectric constant ε, coefficient of an insulating material, stating how many times is the capacity of a capacitor larger, if this insulating material is used instead of air	Dielektrizitätskonstante ε, Zahl für einen Isolierstoff, die angibt, um wievielmal größer die Kapazität eines Kondensators ist, wenn der Isolierstoff an Stelle von Luft verwendet wird	ثابت العازل الكهربائي ε ، معامل خاص بمادة عازلة معينة ، يعطي مقدار زيادة سعة المكثف الكهربائي عند استخدام المادة العازلة بدلا من الهواء .
٨٧، ١٩١	counter constant	Zählerkonstante	ثابت العداد
	thyratron, grid-controlled rectifier tube (gas or mercury vapor) suitable for current regulation	Thyratron, gittergesteuerte Gleichrichterröhre (Gas oder Hg-Dampf), die sich zur Stromregelung eignet	ثايراترون ، صمام مقوّم بتحكم شبكي (غاز أو بخار الزئبق) يصلح لتنظيم التيار
٣٣	dimensional stability according to Martens, ability of a substance exposed to heat under static bending stress to keep its shape extensively up to a certain temperature. Unit of measurement: °C	Formbeständigkeit nach Martens, die Fähigkeit eines der Wärme ausgesetzten Stoffes, unter ruhender Biegebeanspruchung seine Form bis zu einer bestimmten Temperatur weitgehend zu wahren. Maßeinheit: °C	ثبات الشكل طبقا لمارتنز : هو مقياس لمقدرة مادة ما ، معرضة للحرارة ومحملة بإجهاد حني إستاتي ، على الاحتفاظ بشكلها ، حتى درجة حرارة معينة . وحدة القياس : °C

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
	thermostat, temperature regulator for keeping the temperature constant, in most cases by means of a bimetallic strip, which opens or closes a circuit with temperature changes	Thermostat, Temperaturregler zum Konstanthalten der Temperatur, meistens mit einem Bimetallstreifen, der bei Temperaturänderung einen Stromkreis öffnet oder schließt	ثرموستات، مثبت أتوماتي لدرجة الحرارة: منظم لدرجة الحرارة يستخدم لتثبيتها، مزود في أغلب الأحوال بشريط ثنائي المعدن يفصل أو يوصل دائرة التيار الكهربائي عند تغير درجة الحرارة.
٦٥	binary, consisting of two units, two-piece, dual	binär, aus zwei Einheiten bestehend oder zweiteilig, dual	ثنائي: مكون من وحدتين أو شطرين، مزدوج
١١	bimetallic, metal strip, consisting of two metal ribbons welded together. The ribbons have different thermal expansion	Bimetall, Metallstreifen aus zwei miteinander verschweißten Metallbändern mit unterschiedlicher Wärmeausdehnung	ثنائي المعدن شريحة معدنية مكونة من شريطين معدنيين ملحومين معا ذوي معاملي تمدد حراري مختلفين.
٢١٣	folding	Abkanten	ثني
			« ج »
٩٦	Gauss (G)	Gauß (G)	جاوس (G)
١٥٢	copper cables for brushes	Kupferseile für Bürsten	جدائل النحاس للفرش
٤٧	numerical table	Zahlentafel	جدول الأعداد
٥٨	sine table	Sinus-Tabelle	جدول جيوب الزوايا
٥٨	cosine table	Cosinus-Tabelle	جدول جيوب تمام الزوايا
٦٠	tangent table	Tangens-Tabelle	جدول ظلال الزوايا
٦٠	cotangent table	Cotangens-Tabelle	جدول ظلال تمام الزوايا
٥	molecule	Molekül	جزيء
١٧٩	coil spool	Spulenkörper	جسم الملف
	galvanometer, measuring instrument for small electric currents	Galvanometer, Meßgerät zur Messung kleiner elektrischer Ströme	جلفانومتر: جهاز لقياس التيارات الكهربائية الصغيرة
١٧١	switchgear	Schaltgerät	جهاز التشغيل (الوصل) الكهربائي
١٦٣، ٢٠٦	control unit, switchgear which serves to change or influence operating values, e.g. of resistors (starters, regulating units)	Steuergerät, Schaltgerät, das zur Änderung oder Beeinflussung von Betriebsgrößen (z.B. Widerständen) dient (Anlasser, Steller)	جهاز تحكم جهاز تشغيل يستخدم في تغيير كميات التشغيل (مثل المقاومات) أو التأثير عليها. (مثل بوادئ التشغيل ووحدات التنظيم)
١٩٢	frequency meter	Frequenzmesser	جهاز قياس التردد
١٩١، ١٩٢	power meter, wattmeter	Leistungsmesser	جهاز قياس القدرة، واطمتر

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٩٢	power factor meter	Leistungsfaktormesser	جهاز قياس معامل القدرة
١٥٢	test voltage of windings	Prüfspannung von Wicklungen	جهد اختبار الملفات
٧٩	operating voltage	Betriebsspannung	جهد التشغيل
١٢٠	contact voltage	Berührungsspannung	جهد التلامس
٧٩	series voltage	Reihenspannung	جهد التوالي
٩٨	inverse voltage, effective value of a.c. voltage which a rectifier can withstand in reverse direction	Sperrspannung, Effektivwert der Wechselspannung, mit der ein Gleichrichter in Sperrrichtung beansprucht werden darf	جهد الحجز (عكسي) القيمة الفعالة للجهد الكهربائي المتردد التي يتحملها مقوّم في اتجاه الحجز (الاتجاه العكسي)
١٢٠	step voltage	Schrittspannung	جهد الخطوة (الخطوة ≈ 1 m)
١٢٠	fault voltage	Fehlerspannung	جهد الخلل
١٥١	brushes voltage of three-phase motors	Bürstenspannung von Drehstrommotoren	جهد الفرش في محركات التيار ثلاثي الأطوار
١٢٠	ground-rod potential	Erderspannung	جهد المؤرض
٩٧	short-circuit voltage in transformers	Kurzschlußspannung bei Transformatoren	جهد دائرة القصر في المحولات
٧٩	voltage (electric potential)	elektrische Spannung	جهد كهربائي
٧٩	nominal voltage	Nennspannung	جهد كهربائي إسمي
	diametral voltage, double star-voltage (to neutral) by n-phase system	Durchmesserspannung, doppelte Sternspannung beim n-Phasensystem	جهد كهربائي قطري : ضعف الجهد الكهربائي النجمي (بالنسبة إلى خط التعادل) في نظام توصيل نوني الأطوار .
١٢٢	low voltage	Kleinspannung	جهد منخفض

«ح»

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٦	state of aggregation, condition of matter (solid, liquid or gaseous)	Aggregatzustand, Zustandsform eines Stoffes (fest, flüssig oder gasförmig)	حالة تجمعية حالة المادة (صلبة أو سائلة أو غازية)
٩٦	induction, phenomenon of generating a voltage between the ends of a conductor, when magnetic-field variations occur in the conductor. Lines of flux must intersect the conductor	Induktion, die Erscheinung, daß zwischen den Enden eines Leiters eine elektrische Spannung entsteht, wenn am Leiter magnetische Feldänderung auftritt. Feldlinien müssen den Leiter schneiden	حث : هو ظاهرة تولد جهد كهربائي بين طرفي موصل ، عند حدوث تغير في المجال المغنطيسي الموجود فيه الموصل ، بشرط أن تقطع خطوط المجال المغنطيسي الموصل المذكور .

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
	self-induction, phenomenon of generating a voltage between the ends of a conductor due to current change, such that the voltage adds to the original voltage or opposes it according to the direction of the change	Selbstinduktion, die Erscheinung, daß durch Stromänderung in einem Leiter zwischen dessen Enden eine Spannung entsteht, die sich je nach der Richtung der Änderung auf die ursprüngliche Spannung aufbaut oder ihr entgegenwirkt	حث ذاتي : هو ظاهرة تولد جهد كهربائي بين نهايتي موصل نتيجة لتغير التيار الكهربائي المار فيه . ويتوقف اتجاه جهد الحث بالنسبة لاتجاه الجهد الكهربائي الأصلي على اتجاه تغير التيار الكهربائي .
١٤	yield point, quotient of the force under which a permanent elongation of the specimen sets in and the original cross section of the specimen	Streckgrenze, Quotient aus der Kraft, bei der eine bleibende Dehnung des Probestabes einsetzt und dem Anfangsquerschnitt der Probe	حد الخضوع : خارج قسمة القوة التي يبدأ عندها حدوث انفعال دائم لقضيب الإختبار ، على مساحة المقطع الابتدائي له .
١٤، ١٥، ١٧	gray cast iron	Grauguß	حديد زهر رمادي
١٥، ١٧	malleable cast iron	Temperguß	حديد زهر طروق
١٤، ١٥	chilled (cast) iron	Hartguß	حديد زهر مصلد
١١، ٧٦، ٨٧	heat	Wärme	حرارة
١٢	heat of fusion, quantity of heat required to turn 1 kg of a solid substance at the melting temperature into the liquid state	Schmelzwärme, die Wärmemenge, die erforderlich ist, um 1 kg eines festen Körpers bei der Schmelztemperatur in den flüssigen Zustand zu überführen	حرارة الانصهار : كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1 kg من جسم صلب في درجة حرارة الانصهار ، إلى الحالة السائلة
١٢	specific heat	Einheitswärme	حرارة نوعية
٦٧	developed length calculation	Berechnung der gestreckten Länge	حساب الطول المفرود
٨٧	power calculation from the counter	Leistungsermittlung am Zähler	حساب القدرة الكهربائية من العداد
٦٨	calculations of bodies	Körper-Berechnungen	حسابات الأجسام
٩٧	transformer calculations	Transformator-Berechnungen	حسابات المحول
٩٣، ٩٤	calculations of coil	Spulen-Berechnungen	حسابات الملف
١٠٣	calculations of lines	Leitungs-Berechnungen	حسابات خطوط التوصيل
١١٨	connection load and simultaneousness factor	Anschlußwert und Gleichzeitigkeitsfaktor	حمل التوصيل ومعامل التزامن
١٣٨	convection, heat transfer (thermal energy is carried on through moved fluid or gaseous particles)	Konvektion, Wärmemitführung (durch bewegte flüssige oder gasförmige Teilchen wird Wärmeenergie weitergetragen)	حمل الحرارة (حمل الطاقة الحرارية من موضع لآخر بواسطة جسيمات سائلة أو غازية متدفقة)

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
« خ »			
خابور	Keil	key	٢١٢
خابور وودراف	Scheibenfeder	Woodruff key	٢١٢
خراطيم عازلة	Isolierschläuche	insulating hoses	٣٨
خط التأريض	Erdleitung	earth line	١٢٧
خطط التوصيل للدوائر الـكهربائية	Schaltpläne	circuit diagrams	١٧٥، ١٧٦
خطوط التوصيل المعزولة للتيار الـكهربائي العالي	isolierte Starkstrom-leitungen	insulated high current lines	١٠٨
خطوط توصيل هوائية	Freileitungen	overhead lines	١٤٦
خطة التركيب	Installationsplan	plan of installation	١٧٥
خطة التنفيذ	Wirkschaltplan	effective diagram	١٧٥، ١٧٦
خطة توصيل الأجهزة	Bauschaltplan	diagram of wiring layout	١٧٥، ١٧٦
خطة مسـار التيار (رسم بياني للتوصيلات الـكهربائية)	Stromlaufschaltplan	current flow diagram	١٧٥، ١٧٦
خلل (عطل) تلامسي ، تسرب كهربائي تلامسي	Körperschluß	body contact	١٢٠
خليط : إندماج عشوائي غير مترابط لمواد متعددة بنسب وزنية اختيارية ، تحتفظ فيه كل مادة بخواصها الذاتية .	Gemenge, lose, in beliebigen Gewichtsverhältnissen mögliche Durcheinanderverlagerung von Stoffen, die ihre Eigenschaften beibehalten	mixture, loose substances mixed in any possible weight-ratio, keeping their characteristics	
خلية جلفانية (عمود جلفاني)	Galvanisches Element	galvanic cell	١٩٣
خلية سلنيومية خلية من عنصر السلنيوم غير موصّلة غالبا في الظلام ، وتزداد الموصلية بشدة عند تعريضها للضوء .	Selenzelle, Zelle aus dem Grundstoff Selen, das im Dunkeln fast nichtleitend ist. Bei Belichtung nimmt die Leitfähigkeit stark zu	selenium cell, a cell made of the element selenium which is mostly non-conductive in the darkness. When exposed to light the conductivity rises sharply	١٨٣
« د »			
دائرة القصر	Kurzschluß	short circuit	١٢٠
دائرة وقاية (بمفتاح ملامس)	Schützenschaltung	protection circuit (with a contactor)	١٦٧
دائرة وقاية من تيار الخلل	Fehlerstrom-Schutzschaltung	fault-current protective circuit	١٢٥
دائرة وقاية من جهد الخلل	Fehlerspannungs-Schutzschaltung	fault-voltage protective circuit	١٢٦
دالة	Funktion	function	٧١
درجة الحرارة الحدية الزائدة للمكنات الـكهربائية	Grenzübertemperatur für elektrische Maschinen	limiting over-temperature for electric machines	١٥٥

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
درجة جودة الملف	Spulengüte	quality of coil	٩٤
درجة حرارة الانصهار	Schmelztemperatur	melting temperature	١١
دوائر التوصيل للإضاءة	Lichtschaltungen	lighting circuitries	١٣٤، ١٣٥
دوائر توصيل العدادات الكهربائية	Schaltungen elektrischer Zähler	counters' circuitries	١٨٩
دوائر توصيل المحولات	Transformatoren-Schaltungen	transformers' circuitries	١٨١
دوائر توصيل محركات التيار المستمر	Gleichstrommotoren-Schaltungen	circuitries of direct-current motors	١٦١
دوائر توصيل محركات التيار ثلاثي الأطوار	Drehstrommotoren-Schaltungen	circuitries of three-phase motors	١٦٥
دوائر توصيل مصادر الجهد الكهربائي	Spannungsquellen-Schaltungen	circuitries of voltage sources	٨٨
دوائر توصيل مفاتيح التركيبات الكهربائية	Schaltungen für Installationsschalter	circuitries of installation switches	١٣٤
دواة المصباح	Lampenfassung	lamp socket	١٣٧، ١٤٢
ديسيبل	Dezibel	decibel	٤٦
ديود، صمام ثنائي: مقوم مفرد الاتجاه، خاصة المقوم شبه الموصل.	Diode, Einweggleichrichter, insbesondere Halbleiter-gleichrichter	diode, unidirectional rectifier, especially semiconductor rectifier	٢٠٢
« ذ »			
ذرّة	Atom	atom	٥
« ر »			
راتنج الصب	Gießharz	casting resin	٣٢، ٣٦
راتنج بوليني (فورمالدهايد): ينتج من تكثيف الفورمالدهايدوالبولينا. (ينتج الفورمالدهايد من الفحم والماء «غاز الماء»، كما تستخلص البولينا من أكسيد الكربون والنشادر).	Harnstoffharz, durch Kondensation von Formaldehyd und Harnstoff entstanden (Formaldehyd entsteht aus Kohle und Wasser (Wassergas), Harnstoff wird aus Kohlenoxid und Ammoniak gewonnen)	urea formaldehyde resin, resulting from condensation of formaldehyde and urea (formaldehyde is obtained from coal and water - water gas -, urea is obtained from carbon oxide and ammonia)	٣٢
راتنج فينولي ينتج من تكثيف الفورمالدهايد والفينول. وينتج الفورمالدهايد من اتحاد الفحم والماء (غاز الماء)، أما الفينول فينتج من عملية التكويك.	Phenolharz, durch Kondensation von Formaldehyd und Phenol entstanden (Formaldehyd entsteht aus Kohle und Wasser (Wassergas), Phenol ist ein Produkt der Verkokung)	phenolic resin, resulting from condensation of formaldehyde and phenol (formaldehyde is obtained from coal and water - water gas -, phenol is a product of coking)	٣٢

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٣٢	melamin resin, resulting from condensation of formaldehyde and melamine (formaldehyde is obtained from coal and water - water gas - , melamine is obtained from calcium cyanamide)	Melaminharz, durch Kondensation von Formaldehyd und Melamin entstanden (Formaldehyd entsteht aus Kohle und Wasser (Wassergas), Melamin wird aus Kalkstickstoff gewonnen)	راتنج ميلاميني : ينتج من تكثيف الفورمالدهايد والميلامين . ينتج الفورمالدهايد من الفحم والماء (غاز الماء) أما الميلامين فيستخلص من سيناميد الكالسيوم) .
١٥٥	heat resistivity classification of insulating materials	Temperaturbeständigkeitsklassen der Isolierstoffe	رتب مقاومة المواد العازلة لدرجات الحرارة
٢٥	cable lead	Kabelblei	رصاص الكبلات
٢٥	accumulator lead	Sammlerblei	رصاص المراكم
١٤٧	terminal markings of electric machines	Klemmenbezeichnungen elektrischer Maschinen	رموز أطراف التوصيل للمكنات الكهربائية
١٦٠، ١٦١، ١٨٧	graphical symbols, graphical representation of facilities (e.g. generators, transformers) with simplified internal wiring	Schaltzeichen, Darstellung von Betriebsmitteln (z.B. Generatoren, Umspanner) mit vereinfachter Innenschaltung	رموز التوصيل تمثيل وسائل التشغيل (مثل المولدات الكهربائية ومحولات الجهد الكهربائي) مع رسم مبسط لدوائر التوصيل الداخلية لها .
١٩٩	colour code for resistances and condensers	Farbencode für Widerstände und Kondensatoren	رموز الألوان للمقاومات والمكثفات الكهربائية
١٣١	general graphical symbols	allgemeine Schaltzeichen	رموز التوصيل العامة
١٨٠	simplified graphical symbols, symbols of facilities (e.g. switches, motors) without internal wiring	Schaltkurzzeichen, Kurzdarstellung von Betriebsmitteln (z.B. Schalter, Motoren) ohne Innenschaltung	رموز التوصيل المختصرة تمثيل مختصر لوسائل التشغيل (مثل المفاتيح والمحركات) بدون بيان دوائر التوصيل الداخلية لها .
١٨٧	graphical symbols of measuring devices	Schaltzeichen der Meßgeräte	رموز التوصيل لأجهزة القياس
١٨٢	graphical symbols of static converters	Schaltzeichen der Stromrichter	رموز التوصيل لأجهزة تبديل التيار الكهربائي
٨٠	graphical symbols of kinds of current and wiring	Schaltzeichen der Strom- und Schaltarten	رموز التوصيل لأنواع التيار والمفاتيح الكهربائية
١٤٧	graphical symbols of connecting modes for electric machines	Schaltzeichen der Schaltarten von elektrischen Maschinen	رموز التوصيل لأنواع توصيل المكنات الكهربائية
١٣١	graphical symbols of installation plans	Schaltzeichen der Installationspläne	رموز التوصيل لخطط التركيبات الكهربائية
١٨٨، ١٨٩	graphical symbols of counters	Schaltzeichen der Zähler	رموز التوصيل للعدادات
١٨٠	graphical symbols of transformers	Schaltzeichen der Transformatoren	رموز التوصيل للمحولات
١٢٩، ١٣٢	graphical symbols of switches	Schaltzeichen der Schalter	رموز التوصيل للمفاتيح الكهربائية

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
رموز التوصيل للمفاتيح الكهربائية (وملحقاتها)	Schaltzeichen der Schaltgeräte	graphical symbols of switchgears	١٧١
رموز التوصيل للمكنات الكهربائية	Schaltzeichen der elektrischen Maschinen	graphical symbols of electric machines	١٥٨
رموز التوصيل للملفات الخانقة	Schaltzeichen der Drosselspulen	graphical symbols of choke coils	١٨٠
رموز التوصيل لمحولات الجهد الكهربائي	Schaltzeichen der Spannungswandler	graphical symbols of voltage transformers	١٨٧
رموز التوصيل لمحولات القياس	Schaltzeichen der Meßwandler	graphical symbols of measuring transformers	١٨٦
رموز التوصيل لمعدات القبس	Schaltzeichen der Steckverbindungen	graphical symbols of plug-in devices	١٢٩
رموز الصيغ الرياضية	Formelzeichen	symbols of formulas	٤١
رموز المعادن غير الحديدية	Kurzzeichen für Nichteisenmetalle	symbols of non-ferrous metals	١٩
رموز رياضية	mathematische Zeichen	mathematical symbols	٤٤
رنين : التذبذب الآني . يحدث في الكهرباء إذا تساوى التردد الطبيعي لنظام قابل للذبذبة (دائرة التذبذب) مع تردد ذبذبات منبع الجهد الكهربائي المسبب لذبذبة هذا النظام .	Resonanz, Mitschwingen. In der Elektrotechnik, wenn die Eigenschwingungen eines schwingungsfähigen Gebildes (Schwingkreises) mit der Schwingungzahl einer es anregenden Spannungsquelle übereinstimmt	resonance, in electrical engineering, if the natural frequency of a system capable of oscillation (resonant circuit) harmonizes with the frequency of a power source exciting it	١٣٢
ريوتان معدن مقاوم ، يستخدم في صناعة المقاومات الكهربائية .	Rheotan, Widerstandmetall zur Herstellung elektrischerr Widerstände	rheotane, resistance metal for the manufacture of resistors	٩

« ز »

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
زاوية الفقد لمكثف كهربائي	Verlustwinkel eines Kondensators	loss angle of a capacitor	٩٥
زاوية فراغية	Raumwinkel	solid angle	١٠٠
زجاج أكريلي	Acrylglas	acrylic glass	٣٢ ، ٣٥
زمن التشغيل النسبي	Einschaltdauer	relative operating time	١٥٣
زمن الفصل للمصهر	Abschaltzeit der Sicherung	disconnecting time of fuse	١١٤ ، ١١٥
زمن تنفيذ أعمال التركيبات العادية	Bauzeit für Regelleistungen	installation time for standard work	١٣٠
زيت المحولات	Transformatorenöl	transformer oil	١٧٨
زيت عازل	Isolieröl	insulating oil	١٧٨

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٥، ٦	xenon (Xe), inert gas for the filling of xenon high-pressure lamps (lamps of extremely high luminance and a light spectrum similar to daylight)	Xenon (Xe), Edelgas zur Füllung von Xenon-Hochdrucklampen (Lampen sehr hoher Leuchtdichte und tageslichtähnlichem Lichtspektrum)	زينون (Xe) غاز خامل يستخدم لتعبئة مصابيح الزينون عالية الضغط ، (مصابيح ذات كثافة ضوئية عالية ومجال طيفي ضوئي يشبه ضوء النهار) .
			« س »
٢١، ٢٢	aluminium alloys	Aluminium-Legierungen	سبائك الألومنيوم
٢٥	soft solders	Weichlote	سبائك الحام الرخو
٢٥	hard solders	Hartlote	سبائك الحام الصلد (لحام المونة)
٢٥	hard and soft solders	Lote	سبائك لحام (الصلد والرخو)
٢٦	magnesium alloys	Magnesium-Legierungen	سبائك المغنسيوم
٩، ٢٤	resistance alloys	Widerstandslegierungen	سبائك المقاومات
١٩	copper alloys	Kupferlegierungen	سبائك النحاس
٢٠	cast-copper alloys	Kupfergußlegierungen	سبائك النحاس للصب
٢٣	nickel alloys for transformers	Nickellegierungen für Übertragerbleche	سبائك النيكل لألواح المحولات
٢٥	lead solders	Bleilote	سبائك لحام الرصاص
٢٥	silver solders	Silberlote	سبائك لحام الفضة
٢٥	tin solders	Zinnlote	سبائك لحام القصدير
٢٤	heating conductor alloys	Heizleiterlegierungen	سبائك موصّلات التسخين
١١	alloy, resulting from melting together or joint sintering of metals	Legierung, entsteht durch Zusammenschmelzen oder gemeinsames Sintern von Metallen	سبيكة : تنتج بواسطة صهر أو تلبيد المعادن معا .
١٥	casting alloy, alloy, especially fit for casting	Gußlegierung, Legierung, besonders zum Vergießen geeignet	سبيكة صب (سبيكة مصبوبات) سبيكة صالحة بصورة خاصة للصب
١٩، ٢١، ٢٢	malleable alloy, wrought non-ferrous alloy which can be formed, hot or cold, by rolling, drawing or pressing	Knetlegierung, Nichteisenlegierung, die durch Walzen, Ziehen, Pressen warm oder kalt verformbar ist	سبيكة لدنة (سبيكة طروقة) : سبيكة غير حديدية قابلة للتشكيل بالدلفنة أو السحب أو الكبس على الساخن أو البارد .
١٩٧	continuous flow heater	Durchlauferhitzer	سخان التدفّق المستمر
١٩٧	water heater	Heißwasserbereiter	سخان ماء
٧٢	velocity	Geschwindigkeit	سرعة
١٥١	rotation speed of motor	Drehzahl des Motors	سرعة دوران المحرك (الكهربائي)
٧٢	angular velocity	Winkelgeschwindigkeit	سرعة زاوية

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
سعة :	Kapazität, Fassungsvermögen	capacitance, capacity	٤٥، ٩٢،
١ – المكثف الكهربائي	1. eines Kondensators	1. of a condenser	١٩٤
٢ – المركم	2. eines Sammlers	2. of an accumulator	
سعة الذبذبة ، القيمة العظمى للتيار المتردد	Amplitude, Spitzenwert des Wechselstromes	amplitude, peak value of alternating current	٩٠
سعة حرارية نوعية	spezifische Wärmekapazität	specific heat capacity	١٢
سلك المقاومات الكهربائية	Widerstandsdraht	resistance wire	٣١
سلك ألومنيوم	Aluminiumdraht	aluminium wire	٢٩
سلك فولاذ	Stahldraht	steel wire	٢٩
سلك معادلة أسلاك معادلة للمزدوجات الحرارية	Ausgleichsdraht, Ausgleichsdrähte für Thermoelemente	compensation wire, compensating wires for thermocouples	٣١
سلك نحاس	Kupferdraht	copper wire	٢٩
سلك نحاس أصفر	Messingdraht	brass wire	٢٩
سلك نحاس للمكنات والأجهزة	Kupferdraht für Maschinen und Apparate	copper wire for machines and appliances	١٠٧
سليكونات	Silikone	silicones	٣٢، ٣٦
سيمنز (S) : وحدة قياس المواصلة الكهربائية وتساوي مقلوب وحدة قياس المقاومة الكهربائية ، $1\,S=\frac{1}{\Omega}$	Siemens (S), Maßeinheit des elektrischen Leitwertes. Kehrwert der Maßeinheit des elektrischen Widerstandes, $1\,S=\frac{1}{\Omega}$	siemens (S), unit of measure of electric conductance. Reciprocal value of electric resistance's unit of measure, $1\,S=\frac{1}{\Omega}$	٤٢

« ش »

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
شدة الإضاءة	Beleuchtungsstärke	illuminance	١٠٠، ١٠١، ١٤٠
شدة الضوء	Lichtstärke	light intensity	١٠٠
شدة المجال القهري درجة التغطية بالتيار (A/cm) لملف ذي قلب حديدي ، اللازمة للتغلب على المغنطيسية المتخلفة (المحتفظية)	Koerzitivfeldstärke, derjenige Strombelag (A/cm) einer Spule mit Eisenkern, der zur Überwindung der Remanenz erforderlich ist	coercive field intensity, the current coverage (A/cm) of a coil with iron core, necessary to overcome the residual magnetization	٩٦
شدة المجال الكهربائي : الضغط أو الشد الكهربائي المؤثر على وحدة الشحنة الكهربائية ، في موضع معين داخل المجال الكهربائي .	elektrische Feldstärke, elektrischer Druck bzw. Zug, den die elektrische Ladeeinheit an einer bestimmten Stelle im elektrischen Feld erfährt	electrical field intensity, electric pressure resp. pull to which the unit of electric charge is exposed at a certain position in the electric field	٤٢
شروط بدء الدوران للمحركات	Anlaufbedingungen von Motoren	starting conditions of motors	١٥١
شريط عازل	Isolierband	insulating tape	٣٨

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٤١، ٤٥ ٨٥ ٧٤	work, electrical work mechanical work	Arbeit, elektrische Arbeit mechanische Arbeit	شغل شغل كهربائي ، شغل ميكانيكي
١٠٠	Hefner candle (HK), till 1941 unit of light intensity	Hefnerkerze (HK), bis 1941 Einheit der Lichtstärke	شمعة هفنر (HK) ، وحدة قياس شدة الضوء حتى عام ١٩٤١
			« ص »
٢٨	tinned sheet	Weißblech	صاج مطلي بالقصدير (صاج أبيض)
٣٢	injection moulding, injecting the casting material into a closed mould	Spritzgießen, Einspritzen der Spritzguß- masse in eine geschlossene Form	صب بالحقن في قوالب . حقن مادة الصب في قالب مقفل
١٠	hardness	Härte	صلادة
٢٠٢	electron (discharge) tube	Elektronenröhre	صمام إلكتروني
٢٠١	photodiode, photovoltaic cell, photoconductive cell, photocell	Fotodiode, Fotoelement, Fotowiderstand, Fotozelle	صمام ثنائي كهروضوئي ، خلية جلفانية ضوئية ، مقاومة كهروضوئية ، خلية كهروضوئية .
	acoustics, science of sound	Akustik, Lehre vom Schall	صوتيات علم الصوت
			« ض »
٤٣، ٤٤	pressure, effect of force of a solid, fluid or gase- ous body on its support	Druck, Kraftwirkung eines festen, flüssigen oder gasförmigen Körpers auf seine Unterlage	ضغط : تأثير قوة جسم صلب أو سائل أو غازي على سطح استناده .
٦٧	cathetuses, the sides of right-angled triangle enclosing the right angle	Katheten, die Seiten des rechtwinkligen Dreiecks, die den rechten Winkel einschließen	ضلعا القائمة : ضلعا المثلث قائم الزاوية اللذان يحدان الزاوية القائمة .
١٤٣	diffused light, dispersed light	diffuses Licht, zerstreutes Licht	ضوء متشتت ، ضوء منتشر
			« ط »
٧٤	energy, ability of a physical system to perform work, e.g. capability of a moving body	Energie, die Fähigkeit eines physi- kalischen Systems, Arbeit zu verrichten, z.B. Fähigkeit eines bewegten Körpers	طاقة : هي مقدرة نظام فيزيائي على بذل شغل ، مثال ذلك مقدرة جسم متحرك .
١١٩	methods of laying	Verlegungsarten	طرق التمديد

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٠٧، ١٠٨	winding length	Wickellänge	طول اللف
٨٢	wave length, of electric or electro- magnetic oscillations, quotient of the velocity of light c and the frequency f	Wellenlänge, elektrischer oder elektro- magnetischer Schwingungen, Quotient aus der Lichtge- schwindigkeit c und der Frequenz f	طول الموجة : في الذبذبات الكهربائية أو الكهرومغنطيسية ، عبارة عن خارج قسمة سرعة الضوء c على التردد f
٢١٣	developed length	Abwicklungslänge	طول مفرود (طول الافراد)
٦٢	light spectrum, frequency mixture of visible rays	Lichtspektrum, Frequenzgemisch sichtbarer Strahlen	طيف ضوئي : خليط التردد للأشعة المرئية
			« ع »
	dielectric, insulating intermediate between conducting layers of capacitor	Dielektrikum, isolierende Zwischenschicht zwischen den leitenden Belegen eines Kondensators	عازل كهربائي ، طبقة وسيطة عازلة بين الطبقات الموصلة للمكثف الكهربائي .
١٨٨	counter	Zähler	عدّاد (كهربائي)
١٠٧	number of turns per cm winding length	Windungszahl je cm Wickellänge	عدد اللفات لكل 1 cm من طول الملف
١٢٧	number of turns per cm^2 of winding- space cross section	Windungen je cm^2 Wickelraumquerschnitt	عدد اللفات لكل 1 cm^2 من مساحة مقطع حيز الملف
١٢٧	local insulation	Standortisolierung	عزل موضعي (للتركيبات الكهربائية)
١٢٢	protective insulation	Schutzisolierung	عزل وقائي (عزل حماية)
٧٣	moment	Moment	عزم
١٥١	pull-out torque, maximum torque which the motor, fed with nominal voltage and nominal frequency, exerts at shaft end between pull-up speed and nominal speed	Kippmoment, größtes Moment, das der mit Nennspannung und Nennfrequenz gespeiste Wechselstrommotor zwischen Satteldrehzahl und Nenndreh- zahl am Wellenende ausübt	عزم الدوران الانهياري (الانقلاب) هو أقصى عزم إدارة يؤثر به محرك تيار متردد مغذى بالجهد الإسمي والتردد الإسمي بين السرعة التحدبية والسرعة الإسمية .
١٥١	pull-up torque, minimum torque that motor, fed with nominal voltage and nominal frequency, exerts at shaft end while accele- rating between stand- still and pull-out torque	Sattelmoment, kleinstes Moment, das der mit Nennspannung und Nennfrequenz gespeiste Motor bei Hochlauf zwischen Stillstand und Kippmoment am Wellenende ausübt	عزم الدوران البادئ للحركة هو أصغر عزم إدارة ينتجه محرك مغذى بالجهد الكهربائي الإسمي والتردد الإسمي عند تزايد سرعته بين السكون وعزم دوران الانقلاب .
	starting torque, torque at change- over of a motor from standstill to movement (starting torque)	Anzugsmoment, Drehmoment beim Übergang eines Motors vom Stillstand zur Bewegung (Einschaltmoment)	عزم بدء الدوران عزم الإدارة الناتج عند انتقال المحرك من حالة السكون إلى حالة الحركة (عزم التشغيل)

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٧٣	torque	Drehmoment	عزم دوران
١٥١	torques of motors	Drehmomente von Motoren	عزوم إدارة المحركات الكهربائية
٥، ١٩٣	element, 1. in chemistry: element 2. in electrical technology: power source 3. in mathematics: fundamental term	Element, 1. in der Chemie: Grundstoff 2. in der Elektrotechnik: Spannungsquelle 3. in der Mathematik: grundlegender Begriff	عنصر ١ – في الكيمياء : مادة أساسية ٢ – في الهندسة الكهربائية : مصدر (منبع) للجهد الكهربائي ٣ – في الرياضيات : مصطلح أساسي .
٥، ٦	chemical element	chemisches Element	عنصر كيميائي
			« ف »
١٩٢	farad (F)	Farad (F)	فاراد (F)
١٩٢	reactive-power meter	Blindleistungsmesser	فارمتر ، جهاز قياس القدرة المفاعلة
٣٧	vulcanized fibre	Vulkanfiber	فبر مفلكن (مصلد)
	vacuum, evacuated space	Vakuum, luftleerer (massenleerer) Raum	فراغ – تفريغ : حيز خال من الهواء
١٥٢	brushes for sliding rings and commutators	Bürsten für Schleifringe und Kommutatoren	فرش للحلقات الانزلاقية ومبدلات (موحدات) التيار
١٠٢	voltage difference U_{diff}, difference of the value of a.c. voltages at the beginning of a conducting system and at its end	Spannungsunterschied U_{diff}, Unterschied zwischen dem Betrag der Wechselspannung am Anfang eines Leitungsgebildes und dem Betrag der Wechselspannung an seinem Ende	فرق الجهد الكهربائي U_{diff} : الفرق بين قيمتي الجهد المتغير عند بداية ونهاية نظام موصل .
	ferroxdure, magnetic materials for permanent magnets	Ferroxdure, magnetische Werkstoffe für Dauermagnete	فروكسديور : مواد مغنطيسية للمغنطيسات الدائمة .
	ferroxcube, ferromagnetic materials with rectangular hysteresis loop	Ferroxcube, ferromagnetische Werkstoffe mit rechteckiger Hysteresischleife	فروكسكيوب : مواد حديدية مغنطيسية ذات أنشوطة تخلف مغنطيسي مستطيلة الشكل .
٢٠٠	ferrite, oxide-ceramic, «soft»-magnetic material with high electric resistance (up to $10^6\Omega\cdot cm$). Material without eddy-current effect	Ferrit, oxydkeramischer, «weich»-magnetischer Werkstoff mit hohem elektrischen Widerstand (bis $10^6\Omega\cdot cm$). Werkstoff ohne Wirbelstromeffekt	فريت (حديديك) : مادة أكسيدية خزفية مغنطيسية «لينة» ، ذات مقاومة كهربائية عالية (تصل إلى $10^6\Omega\cdot cm$) مادة لا تسبب تيارات كهربائية دوامية .
١٢٤	protective separation	Schutztrennung	فصل وقائي
١٤	steel	Stahl	فولاذ
١٦	structural steel	Baustahl	فولاذ الإنشاءات
١٥، ١٦	cast steel	Stahlguß	فولاذ الصب (مصبوب الفولاذ)
١٥	tool steel	Werkzeugstahl	فولاذ العدة

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
فولاذ شريطي (فولاذ شرائط)	Bandstahl	strip steel	٢٧
فولاذ مبروم ، فولاذ مستدير	Rundstahl	round steel bars	٢٦
فولاذ مربع	Quadratstahl	square steel bars	٢٦
فولاذ مسدس	Sechskantstahl	hexagonal steel bars	٢٦
فولاذ مسطح	Flachstahl	flat steel bars	٢٧
ڤولط (V)	Volt (V)	volt (V)	٤٢، ٤٥

« ق »

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
قانون أوم	Ohmsches Gesetz	Ohm's law	٨٣
قانون فاراداي	Faradaysches Gesetz	Faraday's law	٨٧
قدرة	Leistung	power	٤١، ٤٥
قدرة تحميل الخطوط	Belastbarkeit von Leitungen	loading capacity of lines	١١٣
قدرة تحميل الـكبلات بالتيار	Strombelastbarkeit von Kabeln	current-loading capacity of cables	١٤٥
قدرة تحميل خطوط التوصيل المعزولة للتيار العالي .	Belastbarkeit der isolierten Starkstromleitungen	loading capacity of insulated high power lines	١١٣
قدرة تحميل خطوط التوصيل الهوائية بالتيار .	Strombelastbarkeit von Freileitungen	current-loading capacity of overhead lines	١٤٦
قدرة ظاهرية	Scheinleistung	apparent power	٩٠، ٩٢
قدرة فرملية	Bremsleistung	braking power	٧٤
قدرة فعالة	Wirkleistung	active power	٩٠
قدرة كهربائية	elektrische Leistung	electric power	٤١، ٤٥ ٨٥، ٨٦، ٨٧
قدرة كهربائية مفاعلة ، فعالة وظاهرية	elektrische Blind-, Wirk-und Scheinleistung	electric reactive-, active-and apparent power	٩٠
قدرة ميكانيكية	mechanische Leistung	mechanical power	٧٤
قصدير	Zinn	tin	١٨
قطب كهربائي : موصل كهربائي مصمم بصورة خاصة ليسمح بدخول أو خروج الإلـكترونات أو الأيونات (ألواح الأعمدة الـكهربائية وأصابع الفحم ، وشبكات الصمامات الإلـكترونية)	Elektrode, elektrischer Leiter, der für den Elektronen-oder Ionen-Eintritt oder -Austritt besonders beschaffen ist (Platten von Elementen, Kohlestifte, Gitter in Elektronenröhren)	electrode, electric conductor especially designed for the capture and release of electrons and ions (plates of cells, carbon rods, grids in electron tubes)	١٩٣
قطر المثقب	Bohrerdurchmesser	drill diameter	٢٠٩
قواعد السلامة	Sicherheitsregeln	safety rules	١٢٨
قوانين الروافع	Hebelgesetze	lever principles	٧٣

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٤١، ٤٢	force	Kraft	قوة
	electromotive force (e.m.f.), open voltage (internal voltage) of a power source	elektromotorische Kraft (EMK) offene Spannung (innere Spannung) einer Spannungsquelle	قوة دافعة كهربائية (e.m.f.) جهد كهربائي مفتوح (داخلي) لمصدر الجهد الكهربائي
٨٣	resistance measurement	Widerstandsmessung	قياس المقاومة
١٠٠	light values	Lichtwerte	قيم ضوئية
١٥١، ١٥٢	nominal value, (e.g. nominal current, nominal power), a value for which a service facility (motor, fuse) is designed	Nennwert, (z.B. Nennstrom, Nennleistung) Wert, für den ein Betriebsmittel (Motor, Sicherung) gebaut ist	قيمة إسمية : (مثال ذلك التيار الإسمي والقدرة الإسمية) ، وهي القيمة المصممة عليها تجهيزة تشغيل معينة (محرك أو مصهر مثلا) .
٩٠	effective value	Effektivwert	قيمة فعالة
			« ك »
٣٤	synthetic rubber	Synthesekautschuk	كاوتشوك إصطناعي
٣٤	caoutchouc	Naturkautschuk	كاوتشوك طبيعي
٢١٤	standard lettering	Normschrift	كتابة قياسية
٤٥	mass (m), basic unit	Masse (m), Basiseinheit	كتلة (m) ، وحدة أساسية
٧	density	Dichte	كثافة
٨٣	current density	Stromdichte	كثافة التيار الكهربائي
١٠٠	lighting density	Leuchtdichte	كثافة الإضاءة
١٤٣	luminance density of light sources	Leuchtdichte von Lichtquellen	كثافة الإضاءة لمصادر الضوء
٢٤	carburization, increasing the concentration of carbon by heating (mostly limited on surface zones)	Aufkohlen, Kohlenstoffanreicherung bei Erwärmung (meist auf Randzonen begrenzt)	كربنة ، زيادة تركيز الكربون بالتسخين . (مقصور غالبا على المناطق السطحية فقط)
٧٤	efficiency	Wirkungsgrad	كفاية
١٠٠	light efficiency	Lichtausbeute	كفاية الضوء
١٥٠	efficiency of motors	Wirkungsgrad von Motoren	كفاية المحركات
١٤٣	light efficiency of light sources	Lichtausbeute von Lichtquellen	كفاية الضوء لمصادر الضوء
٤٥	kelvin	Kelvin	كلفن
٣٤	polyvinyl chloride (PVC)	Polyvinylchlorid (PVC)	كلوريد البولي فينيل (PVC)
١٧٨	clophene, synthetic, fluid, non-combustible coolant and insulating material, used in switches and transformers instead of insulating oil ($C_{12}H_5Cl_5$ and $C_6H_3Cl_3$)	Clophen, synthetisches, flüssiges, nicht brennbares Kühl - und Isoliermittel, an Stelle von Isolieröl in Schaltern und Transformatoren verwendet ($C_{12}H_5Cl_5$ und $C_6H_3Cl_3$)	كلوفين ، مادة اصطناعية سائلة ، غير قابلة للاحتراق ، تستخدم كمادة تبريد وعزل في المفاتيح والمحولات الكهربائية ، بدلا من الزيت العازل ($C_{12}H_5Cl_5$ و $C_6H_3Cl_3$)

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٠٠	quantity of light Q	Lichtmenge Q	كمية الضوء Q
٤٥، ١٠٠	candela (cd)	Candela (cd)	كنديلا (cd) ، شمعة
٤٢	coulomb (C), measuring unit of electric charge, quantity of charge, quantity of electricity	Coulomb (C), Maßeinheit der elektrischen Ladung, Ladungsmenge, Elektrizitätsmenge	كولوم (C) : وحدة قياس الشحنة الـكهربائية أو كمية الشحنة أو كمية الـكهرباء .
٧، ٩٤، ١١٦، ٢٠، ٢٣٦	constantan (RW 50), resistor metal for the production of temperature-independent resistors	Konstantan (RW 50), Widerstandsmetall zur Herstellung temperaturunabhängiger Widerstände	كونستانتان (RW 50) ، معدن مقاومات كهربائية ، يستخدم لصنع المقاومات التي لا تتغير بتغير درجة الحرارة .
٤١، ٨٥	kilowatt (kW)	Kilowatt (kW)	كيلوواط (kW)
٨٥	kilowatt-hour (kWh), unit of measure of electric work, generally denoted as «energy consumption»	Kilowattstunde (kWh), Einheit der elektrischen Arbeit, allgemein als «Stromverbrauch» bezeichnet	كيلوواط ساعة (kWh) وحدة الشغل الـكهربائي ويطلق عليه عادة «إستهلاك الطاقة الـكهربائية»
			« ل »
١٧٧	IEC, International Electrotechnical Commission	IEC, Internationale Elektrotechnische Kommission (International Electrotechnical Commission)	لجنة الـكهرباء الدولية (IEC)
٣٢	thermosetting plastics	Duroplaste	لدائن التصليد بالحرارة ، دوروبلاستيك
٣٢، ٣٣	aminoplastics	Aminoplaste	لدائن أمينية
٣٢	plastic (in a limited sense), synthetic, organic materials, prepared by chemical conversion	Kunststoff (in engerem Sinne), künstlich, durch chemische Umwandlung hergestellte organische Stoffe	لدائن (بالمعنى الضيق) : مواد عضوية محضرة إصطناعيا بالتحويل الـكيميائي .
٣٢، ٣٣	plastics, materials from organic compounds, produced by transformation of natural products or produced synthetically. Mouldable (thermoplastics) or moulded (thermosetting plastics)	Plaste, Werkstoffe aus organischen Verbindungen, die durch Umwandlung von Naturprodukten oder synthetisch erzeugt werden und plastisch formbar (Thermoplaste) oder geformt worden sind (Duroplaste)	لدائن ، بلاستيك : مواد مكونة من مركبات عضوية تنتج إما بتحويل منتجات طبيعية أو اصطناعية لتصبح قابلة للتشكيل اللدن (لدائن حرارية ، ثرموبلاستيك) أو مشكلة فعلا (لدائن التصلد بالحرارة ، دوروبلاستيك)
٣٢	thermoplastics	Thermoplaste	لدائن حرارية ، ثرموبلاستيك
٣٢، ٣٤	phenolplastics	Phenoplaste	لدائن فينولية
٣٢	plastic, mouldable, in the plastics industry generally mouldable under heat	plastisch, bildsam, in der Kunststoffindustrie meist unter Hitze formbar	لدن ، (لدائني ، بلاستيكي) قابل للصوغ والتشكيل . صفة تطلق على المواد المستخدمة في صناعات اللدائن والقابلة للتشكيل بالحرارة في أغلب الأحوال .
١٥٧	stator windings of three-phase motors	Ständerwicklungen von Drehstrommotoren	لفائف العضو الساكن في محركات التيار ثلاثي الأطوار .

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٥٧	armature windings of direct-current motors	Ankerwicklungen von Gleichstrommotoren	لفائف عضو الإنتاج في محركات التيار المستمر
١٠١	lux (lx), unit of measure of illumination intensity	Lux (lx), Maßeinheit der Beleuchtungsstärke	لكس (lx) : وحدة قياس شدة الإضاءة
١٢٨	VDE-recommended warning posters	VDE-mäßige Warnschilder	لوحات التحذير طبقا لتعليمات VDE
١٤٧	rating plates for electrical machines	Leistungsschilder elektrischer Maschinen	لوحات بيان القدرة للمكنات الكهربائية
٢٨	aluminium sheet	Aluminiumblech	لوح ألومنيوم
٢٨	zinc sheet	Zinkblech	لوح خارصين (زنك)
٢٨	lead sheet	Bleiblech	لوح رصاص
١٦	thin sheet	Feinblech	لوح صاج رقيق
٢٨	brass sheet	Messingblech	لوح نحاس أصفر
٢٨	copper sheet	Kupferblech	لوح نحاسي
٢٠٨	metric thread	metrisches Gewinde	لولب متري
٢١٠	Whitworth pipe thread	Whitworth-Rohrgewinde	لولب ويتوورث للمواسير
١٠٠	lumen (lm), unit of measure of light capacity	Lumen (lm), Maßeinheit der Lichtleistung	لومن (lm) : وحدة قياس القدرة الضوئية
			« م »
	paramagnetic material, a material whose permeability is slightly greater than 1. It is pulled into a magnetic field and acts as a magnet itself (e.g. Al, Pt, Si, constantan)	paramagnetischer Stoff, Stoff, dessen Permeabilität nur wenig größer als 1 ist. Er wird in ein Magnetfeld hineingezogen und selbst zum Magneten (u.a. Al, Pt, Si, Konstantan)	مادة بارا مغنطيسية تزيد إنفاذيتها المغنطيسية عن الواحد الصحيح بقليل . تجذب المادة إلى داخل المجال المغنطيسي وتصبح مغنطيسا (ومن أمثلة ذلك الألومنيوم والبلاتين والسليكون والكونستانتان) .
١٢	thermal insulating material	Wärmedämmstoff	مادة عازلة للحرارة
١١٢	steel-armoured conduit	Stahlpanzerrohr	ماسورة فولاذية مقواة
١٨٢	d.c./a.c. converter	Wechselrichter	مبدّل التيار المستمر
	converter, rotating machine or set of machines for conversion of electric power to another power of different voltage or frequency	Umformer, umlaufende Maschine oder Maschinensatz zur Umwandlung elektrischer Leistung in elektrische Leistung anderer Spannung oder Frequenz	مبدّل القدرة الكهربائية : مكنة دوارة أو طقم مجموعة مكنات دوارة لتحويل القدرة الكهربائية الموجودة ، إلى قدرة كهربائية ذات جهد أو تردد مختلف .
	cascade (motor) converter, asynchronous and direct-current machine with electrically and mechanically coupled rotors	Kaskadenumformer, Asynchron - und Gleichstrommaschine mit elektrisch und mechanisch gekuppelten Läufern	مبدّل تعاقبي (محول دوّار ذو محرك حثي) مكنة تيار مستمر ومكنة لا تزامنية تكون أعضاء الإنتاج بهما مقرنة كهربائيا وميكانيكيا .

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٩	dielectric strength	Durchschlagsfestigkeit	متانة العازل الـكهربائية
٧٠، ٧١	vector, a quantity plotted in size and direction, according to scale, as a distance	Vektor, eine Zahl in Größe und Richtung maßstäblich als Strecke aufgetragen	متجه : كمية ممثلة بالرسم على شكل مسـافة تناظرها مقدارا واتجاها ، بمقياس رسم معين .
	automatic controller, electromagnetically or mechanically operated switch tripping automatically when the condition to be monitored diverges (e.g. current controller, speed monitor)	Wächter, elektromagnetisch oder mechanisch betätigter Schalter, der bei Abweichung von dem zu überwachenden Zustand selbsttätig anspricht (z.B. Stromwächter, Drehzahlwächter)	متحكم تلقائي : مفتاح يعمل كهرمغنطيسيا أو ميكانيكيا ، يستجيب آليا عند حدوث انحراف عن الحالة المراد التحكم فيها (مثال ذلك مفاتيح التحكم للتيار الـكهربائي ولسرعة الدوران)
١٥٨	synchronous, simultaneous running (synchronous speed of motors, speed of rotor corresponding to the rotating magnetic field)	synchron, gleichzeitig, zeitlich gleichlaufend (synchrone Drehzahl bei Motoren, Drehzahl des Läufers mit dem umlaufenden magnetischen Drehfeld übereinstimmend)	متزامن ، تزامني آنيا ، متوافق زمنيا . (عند سرعة الدوران التزامنية في المحركات تتوافق سرعة دوران عضو الانتاج زمنيا مع المجال المغنطيسي الدوار) .
	coherent	kohärent, zusammenhängend	متماسك ، مترابط
١٢٠	arm's reach	Handbereich	مجال اليد
٦٢	spectrum of electromagnetic oscillations	Spektrum elektromagnetischer Schwingungen	مجال طيفي للذبذبات الـكهرومغنطيسية
٨٩	voltage divider	Spannungsteiler	مجزئ الجهد الـكهربائي
١٩٤	accumulator	Sammler, Akkumulator	مجمع ، مركم
٦٣	sum, result of an addition	Summe, Ergebnis einer Addition	مجموع : نتيجة عملية الجمع .
٤٢، ٩٣	inductance, of a conductor (of a coil), it equals the induced voltage that results if the current changes by 1 A in the time unit (1 second). Symbol: L, unit of measure: henry (H)	Induktivität, eines Leiters (einer Spule), sie ist gleich der Induktionsspannung, die entsteht, wenn sich in der Zeiteinheit 1 s die Stromstärke um 1 A ändert. Symbol: L, Maßeinheit: Henry (H)	محاثة موصل (أو ملف) ، تسـاوي جهد الحث الناتج عند تغير التيار بمعدل 1 أمبير في الثانية الواحدة . رمز المحاثة L ، ووحدة قياسها الهنري (H) .
١٥٠	motor-power series	Motorleistungsreihe	مجموعة القدرات للمحركات
١٩٨	standard series of resistors and capacitors	Normenreihe für Widerstände und Kondensatoren	مجموعة المقاومات والمكثفات الـكهربائية القياسية
١٢٥	protective-lead system	Schutzleitungssystem	مجموعة خطوط الوقاية
٤٢	remanence, residual magnetism. The magnetic induction remaining in an iron core when the magnetic flux has returned to zero	Remanenz, Restmagnetismus. Diejenige magnetische Induktion im Eisenkern, die noch vorhanden ist, wenn der magnetisierende Strom auf Null zurückgegangen ist	محتفظية المغنطيسية المتبقية . هي الحث المغنطيسي المتبقي في قلب حديدي ، بعد زوال المجال المغنطيسي المسبب للمغنطة .

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
محرك أحادي الطور	Einphasenmotor	single-phase motor	١٦٩
محرك التيار ثلاثي الأطوار	Drehstrommotor	three-phase motor	١٥٠
محرك بأقطاب قابلة للتبديل	polumschaltbarer Motor	changeable poles' motor	١٦٦
محرك تزامني : سرعة دوران عضو الإنتاج للمحرك تساوي سرعة دوران المجال المغنطيسي الدوّار .	Synchronmotor, Läufer des Motors hat gleiche Drehzahl wie das umlaufende Drehfeld	synchronous motor, rotor of motor has the same speed as the rotating magnetic field	١٥١
محرك تنافري	Repulsionsmotor	repulsion motor	١٦٩
محرك صغير للتيار المستمر	Gleichstrom-Kleinstmotor	direct-current miniature motor	١٧٠
محرك عام (يعمل بالتيار المستمر والمتردد)	Universalmotor	universal or a.c./d.c. motor	١٦٩
محرك لا تزامني ، محرك ثلاثي الأطوار ، سرعة دوران عضو إنتاجه أقل من سرعة دوران المجال المغنطيسي الدوّار .	Asynchronmotor, Drehstrommotor, dessen Läuferdrehzahl kleiner ist als die Drehzahl des umlaufenden Magnetfeldes	asynchronous motor, three-phase motor whose rotor speed is smaller than the speed of the rotating magnetic field	١٦٤
محصلة : مجموع قيم عددية مرسومة بشكل متجهات .	Resultante, Resultierende, Summe mehrerer als Vektoren aufgetragener Zahlenwerte	resultant, sum of several numerical values plotted as vectors	٧٠، ٧١
محوّل (كهربائي)	Transformator	transformer	٩٧، ١٧٧
محوّل (لأجهزة القياس)	Wandler	converter	١٨٧
محوّل الاشعاع : منبع ضوئي تتحول فيه الأشعة غير المرئية إلى ضوء (خلال الطبقة الضوئية في مصابيح الفلورسنت على سبيل المثال)	Strahlentransformator, Lichtquelle, in der nichtsichtbare Strahlen in Licht umgewandelt werden (z.B. durch Leuchtschicht in Leuchtstofflampen)	radiation transformer, light source in which non-visible rays are transformed into light (e.g. by means of luminescent screens in fluorescent lamps)	١٣٧
محوّل الجرس الكهربائي	Klingeltransformator	bell transformer	١٢٢
محوّل تردد تبديلي (مبدل التيار المستمر)	Umrichter	static frequency changer	١٨٢
محوّل فاصل (محوّل فصل)	Trenntransformator	breaking transformer	١٢٤
محوّل قياس	Meßwandler	instrument (pilot) transformer	١٨٩
محوّل كهربائي للجهد المنخفض	Kleinspannungstransformator	low-voltage transformer	١٢٢
محوّل كهربائي للعب الأطفال	Spielzeugtransformator	toy transformer	١٢٢
محوّل وقاية	Schutztransformator	protection transformer	١٢٢
مخطط التوصيل العام (الخطة الرمزية)	Übersichtsschaltplan	general plan	١٧٥، ١٧٦
مخطط بياني شكل بياني ، تمثيل بالرسم لتسلسلات عددية (أو قيم قياس متتابعة)	Diagramm, Schaubild, zeichnerische Veranschaulichung von Zahlen-(Meß-) reihen	diagram, graphical chart, pictorial representation of number or measurement sequence	٧٠

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٩٧	boiler	Boiler	مرجل ، غلاية ، سخان
١٧٢	relay, command (control) switch, actuated by a change of a physical value (e.g. current) and controlling further installations electrically (VDE 0660)	Relais, Befehlsschalter, der durch Änderung einer physikalischen Größe (z.B. Strom) betätigt wird und elektrisch weitere Einrichtungen steuert (VDE 0660)	مرحل (متمم) مفتاح حاكم ، يتم تشغيله بتغيير كمية فيزيائية (كالتيار الكهربائي مثلا) ، ليقوم بدوره بالتحكم كهربائيا في معدات تشغيل أخرى (VDE 0660)
١٣٦	impulse relay	Stromstoßrelais	مرحل يعمل بنبضات التيار الكهربائي
٧١	component, part of a whole, e.g. partial force of a system of forces, or part of the total current	Komponente, Teil eines Ganzen, z.B. Teilkraft eines Kräftesystems, oder Stromanteil eines Gesamtstromes	مركبة : جزء من كل ، مثال ذلك القوة الجزئية (مركبة) لمحصلة قوى أو إحدى مركبات التيار الكلي .
١٩٤	lead accumulator	Bleiakkumulator	مركم رصاصي
١٩٦	steel-alcaline accumulator	Stahlakkumulator	مركم فولاذي قاعدي
٨٦	blower	Lüfter	مروحة
١٠	elasticity, elastic strain	Elastizität, elastische Dehnung	مرونة ، إنفعال مرن
١٩٣	thermocouple, device of two wires of different metals welded together at one end. Heating of the welding point generates a voltage between the open ends (thermoelectric-voltage), the value of which depends on the degree of heating	Thermoelement, ein Gerät, in dem zwei Drähte von verschiedenen Metallen an einem Ende miteinander verlötet sind. Erwärmung der Lötstelle erzeugt zwischen den freien Enden eine Spannung (Thermospannung), deren Größe abhängig ist von dem Grad der Erwärmung	مزدوجة حرارية ترتيبة تحتوي على سلكين من معدنين مختلفين ، ملحومين معا عند إحدى نهايتيهما . ويولد تسخين موضع اللحام جهداً كهربائيا بين النهايتين الحرتين (جهد كهربائي حراري) يتوقف مقداره على درجة التسخين .
٧١	Gaussian number plane	Gaußsche Zahlenebene	مستوى الأعداد لجاوس
٧٦	inclined plane	schiefe Ebene	مستوى مائل
١٩٧	cooking plate	Kochplatte	مسطح طهي
١٣٧	luminescent lamp, light source whose light rays do not result from increasing of temperature	Lumineszenzstrahler, Lichtquelle, deren Lichtstrahlen nicht durch Temperaturerhöhung entstehen	مشع ضوئي منبع ضوئي لا تنتج أشعته الضوئية برفع درجة الحرارة .
١٤٠	working place lamps	Arbeitsplatzleuchten	مصابيح أماكن العمل
١٣٨	fluorescent lamps, discharge lamp with glowing electrodes for low voltage. It contains luminescent material. The light originates mainly from the luminescent material which is hit by ultra-violet rays	Leuchtstofflampen, Entladungslampe mit Glühelektroden für Niederspannung: sie enthält einen fluoreszierenden Stoff (Leuchtstoff). Das Licht geht in der Hauptsache vom Leuchtstoff aus, der von ultravioletten Strahlen getroffen wird	مصابيح فلورسنتية : مصباح تفريغي بأقطاب متوهجة للجهد الكهربائي المنخفض ، يحتوي على مادة متوهجة (ضوئية أو فلورسنتية) . وتنتج الإضاءة بصورة رئيسية من المادة الضوئية نتيجة اصطدام الأشعة فوق البنفسجية بها .

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٣٨	discharge lamp, source of light in which electric discharge directly or indirectly causes lighting of solid, liquid or gaseous substances	Entladungslampe, Lichtquelle, bei der elektrische Entladung feste, flüssige oder gasförmige Stoffe mittelbar oder unmittelbar zum Leuchten bringt	مصباح تفريغ : مصدر (منبع) ضوئي ، تضيء فيه مواد صلبة أو سائلة أو غازية ، بالتفريغ الكهربائي ، بطريق مباشر أو غير مباشر .
١٣٧	high-pressure lamp	Hochdrucklampe	مصباح عالي الضغط
١٣٧	incandescent lamp	Glühlampe	مصباح متوهج
١٤	centrifugal casting, product of a casting process. The casting material set into rotation is distributed evenly over the inner walls of a hollow mould by means of the centrifugal force and solidifies when cooling down	Schleuderguß, Erzeugnis eines Gießverfahrens, bei dem sich die zur Rotation gebrachte Gußmasse infolge der Fliehkraft an die Innenwände einer Hohlform gleichmäßig verteilt und beim Erkalten erstarrt	مصبوب بالطرد المركزي : ناتج عن عملية صب ، يتم فيها توزيع المادة المصبوبة بصورة متجانسة على الأسطح الداخلية لقالب مفرغ بفعل القوة الطاردة المركزية الناشئة عن الدوران ، ثم تجمدها عند التبريد .
١١٣	fuse	Sicherung	مصهر
١٥٤	fuse of three-phase motor	Sicherung für einen Drehstrommotor	مصهر محرك التيار الثلاثي الأطوار
٦٣	summand, a number to be added	Summand, Zahl, die addiert wird	مضاف : العدد الذي تجري إضافته لعدد آخر
	transductor, magnetic amplifier	Transduktor, magnetischer Verstärker	مضخم مغنطيسي
٨٦	pump	Pumpe	مضخة
١٢٨	potential equalization, elemination of voltage differences, e.g. between protective conductors and water-, gas-and heating lines (pipes)	Potentialausgleich, das Beseitigen von Potentialunterschieden, z.B. zwischen Schutzleiter und Wasser-, Gas- und Heizrohrleitungen	معادلة الجهد . إزالة فروق الجهد كالموجودة بين موصلات الحماية ومواسير توصيل الماء والغاز ومواسير التدفئة
١٧٠	phase compensation of three-phase motors	Phasenkompensation von Drehstrommotoren	معادلة الطور في محركات التيار ثلاثي الأطوار
٦٣	factor, in mathematics designation of quantities to be multiplied with each other	Faktor, in der Mathematik Bezeichnung der Größen, die miteinander malgenommen werden	معامل : يستخدم في الرياضيات للرمز إلى الكميات المضروبة في بعضها .
١٣	thermal radiation coefficient	Wärmestrahlungszahl	معامل الإشعاع الحراري
١٢	coefficient of heat transmission	Wärmeübergangszahl	معامل الانتقال الحراري

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٧٨	neutralization number, a number showing the concentration of acid in oil. To neutralize means to add an acid to a base or a base to an acid until the mixture is neutral	Neutralisationszahl, (Nz-Zahl), Zahl, die den Gehalt an Säure in Öl angibt. Neutralisieren heißt eine Säure zu einer Base oder eine Base zu einer Säure zufügen, bis die Mischung neutral ist	معامل التعادل (رقم Nz) ، هو العدد الدال على نسبة الحامض في الزيت . وتعني المعادلة إضافة حامض إلى قاعدة أو العكس حتى يصبح المخلوط متعادلا كيميائيا .
٩٨	ripple of a rectified voltage, ratio of effective value of the overimposed a.c. voltage to the average value of the delivered d.c. voltage in %	Welligkeit einer gleichgerichteten Spannung, Verhältnis des Effektivwertes der überlagerten Wechselspannung zu dem Mittelwert der abgegebenen Gleichspannung in %	معامل التموج لجهد كهربائي مقوّم : النسبة المئوية للقيمة الفعالة للجهد الكهربائي المتردد المتراكب إلى القيمة المتوسطة لجهد الكهربائي المستمر الناتج .
١٢	coefficient of thermal conductivity	Wärmeleitzahl	معامل التوصيل الحراري (الموصلية الحرارية)
٩٨	form factor of a.c. current, ratio of effective value to the arithmetic mean (1,11 for sinusoidal current)	Formfaktor bei Wechselstrom, Verhältnis des Effektivwertes zum arithmetischen Mittel (1,11 für sinusförmigen Strom)	معامل الشكل للتيار المتردد : هو نسبة القيمة الفعالة للتيار ، إلى المتوسط الحسابي (ويساوي 1,11 لتيار الجيب) .
٩٥	dielectric loss factor, can be approximated to the loss factor (dissipation factor) $\tan \delta$. $\tan \delta$ is temperature-responsive and frequency-dependent	dielektrischer Verlustfaktor, etwa gleichzusetzen dem Verlustfaktor $\tan \delta$. $\tan \delta$ ist temperatur- und frequenzabhängig	معامل الفقد بالعازل الكهربائي : يمكن مساواته بمعامل الفقد $\tan \delta$. يتوقف $\tan \delta$ على درجة الحرارة والتردد .
٩٠	power factor $\cos \varphi$, quotient of: active power and apparent power or: active resistance and impedance or: active current and total current	Leistungsfaktor $\cos \varphi$, Quotient aus: Wirk- und Scheinleistung oder: Wirk- und Scheinwiderstand oder: Wirkstrom und gesamtem Strom	معامل القدرة الفعالة $\cos \varphi$: هو خارج قسمة القدرة الفعالة على القدرة الظاهرية ، أو المقاومة على المعاوقة ، أو التيار الفعال على التيار الكلي .
٤١ ، ٩٠	reactive power factor $\sin \varphi$, quotient of: reactive power and apparent power or: reactance and impedance or: reactive current and total current	Blindleistungsfaktor $\sin \varphi$, Quotient aus: Blindleistung und Scheinleistung oder: Blindwiderstand und Scheinwiderstand oder: Blindstrom und gesamtem Strom	معامل القدرة المفاعلة $\sin \varphi$: هو خارج قسمة القدرة المفاعلة على القدرة الظاهرية ، أو المفاعلة على المعاوقة ، أو التيار المفاعل على التيار الكلي .
١٥٠	power factor of three-phase motors	Leistungsfaktor von Drehstrommotoren	معامل القدرة للمحركات ثلاثية الأطوار .
٤١	modulus of elasticity E, reciprocal value of elongation coefficient. It marks the resistivity of a substance against deformation; unit of measure: N/cm^2	Elastizitätsmodul E, Kehrwert des Dehnungskoeffizienten. Er kennzeichnet die Widerstandsfähigkeit eines Stoffes gegenüber Formänderungen; Maßeinheit: N/cm^2	معامل المرونة E مقلوب الاستطالة ، وهو مقياس لمقاومة المادة للتغييرات الحادثة في شكلها وحدة القياس : N/cm^2

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
معامل المقطع	Widerstandsmoment	modulus of section	٧٨
معامل درجة الحرارة a	Temperaturbeiwert a	temperature coefficient a	١٢١
معاوقة	Impedanz	impedance	٩٤
معتق التعريف طبقا لمواصفات اتحاد الفنيين الـكهربائيين الألـمان VDE 0660 : أحد أجزاء المفتاح الـكهربائي ، يعمل بالقياس أو بدونه ، يتم تشغيله بتغير كمية فيزيائية ، كهربائية بالدرجة الأولى ، ليقوم بدوره بإعتاق المفتاح الـكهربائي ميكانيكيا (بعكس المرحل ، الذي يقوم بالإعتاق كهربائيا) .	Auslöser, messende oder nicht messende Einrichtung als Bestandteil eines Schalters, die durch Änderung einer physikalischen Größe, vornehmlich elektrischer Größe, betätigt wird und den Schalter mechanisch auslöst (im Gegensatz zum Relais, das elektrisch auslöst) VDE 0660	tripping-device, measuring or non-measuring device as a part of a switch actuated by a change of a physical quantity, mainly an electrical quantity, and releasing the switch mechanically (contrary to a relay which releases electrically) VDE 0660	١٧٢
معتق بالتيار الزائد	Überstromauslöser	overcurrent release	١٧٢
معتق بالجهد الزائد	Überspannungsauslöser	overvoltage release	١٧٢
معتق بالجهد الناقص	Unterspannungsauslöser	undervoltage release	١٧٢
معتق بجهد الخلل : جهاز يقوم بإعتاق المفتاح الـكهربائي الخاص به ، عند تولّد جهد أكبر من اللازم بالنسبة للأرض	Fehlerspannungsauslöser, Vorrichtung, die beim Auftreten zu hoher Spannung gegen Erde den zugehörigen Schalter auslöst	fault-voltage release, a device tripping an associated switch when excessive voltage against earth appears	١٧٢
معدل خرج الجهد لبعض منابع الجهد	Spannungsabgabe einiger Spannungsquellen	voltage output of some voltage sources	٧٩
معدن (سبيكة) محامل	Lagermetall	bearing metal (alloy)	٢٥
مغنطيسية	Magnetismus	magnetism	٩٦
مفتاح تشغيل رتاجي مفتاح تشغيل كهربائي ذو فاصم حر	Schloßschalter, verklinkter Schalter mit Freiauslösung	latched switch with trip-free release	
مفتاح تشغيل كهربائي : مفتاح تشغيل للتركيبات الـكهربائية .	Schalter, Installationsschalter	switch, installation switch	١٢٩
مفتاح تشغيل محطة (مفتاح ST) : مفتاح حماية لمنع استمرار بقاء جهد كهربائي عال في الشبكة الـكهربائية الموصلة بعده ، بالنسبة للأرض .	Stationsschalter (ST-Schalter), Schutzschalter, der im nachgeordneten Netz das Bestehenbleiben einer zu hohen Spannung gegen Erde verhindern soll	station switch (ST-switch), protective switch which should prevent the existence of an excessive voltage against earth in a following circuit	١٢٩
مفتاح فصل (قاطع) : مفتاح كهربائي يفصل دائرة التيار الـكهربائي في جميع الموصلات بأمان ووضوح تام ، ويتم تشغيله بدون تيار كهربائي إطلاقا أو تقريبا وبصورة إختيارية فقط (غير ذاتي التشغيل) .	Trennschalter (Trenner), Schalter, der einen Stromkreis in allen Leitern zuverlässig erkennbar auftrennt. Er wird stromlos oder annähernd stromlos und nur willkürlich (nicht selbsttätig) geschaltet	disconnector, switch which disconnects all lines of a circuit dependably perceptibly. It operates without current or nearly without current and arbitrarily (not automatically)	١٧٣
مفتاح فصل القدرة ، (قاطع القدرة) : مفتاح يسمح بمرور التيارات الـكهربائية ، التي تصل إلى القيمة الإسمية ، ويعمل بالإضافة إلى ذلك	Leistungstrennschalter (Leistungstrenner), Schalter, der Ströme bis zum Nennstrom schaltet und außerdem wie Trenn-	power isolating switch, switching currents up to nominal current and also breaking a circuit in all conductors	١٧٢

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
	reliably perceptibly as a disconnecting switch; switching-on generally arbitrarily, switching-off arbitrarily and automatically (VDE 0670c)	schalter einen Stromkreis in allen Leitern zuverlässig erkennbar auftrennt. Einschaltung allgemein willkürlich, Ausschaltung willkürlich und selbsttätig (VDE 0670c)	كمفتاح فصل ، يفصم دائرة التيار في جميع الموصلات بصورة مضمونة وواضحة . الوصل : اختياري بصفة عامة . الفصل : اختياري وتلقائي (VDE 0670 c)
١٧٢	load (breaking) switch	Lastschalter	مفتاح فصل (قاطع) الحمل (الجهد الكهربائي)
١٧٢	no-load switch	Leerschalter	مفتاح فصل (قاطع) للجهد الكهربائي لحالة اللاحمل
١٧٢	power switch	Leistungsschalter	مفتاح قدرة
	limit switch, switch is released if an end position is crossed	Endschalter, Schalter, der bei Überschreiten einer Endlage in Tätigkeit tritt	مفتاح كهربائي حدّي (نهائي) : مفتاح كهربائي يقطع أو يصل الدائرة عند تخطي وضع حدي معين .
١٧٢	contactor	Schütz	مفتاح ملامس
١١٥	household automatic cutout	Haushalt-Leitungsschutzschalter	مفتاح وقاية لخطوط التوصيل المنزلية
	protective circuit-breaker, switch provided with fault-voltage release against excessive voltage and over-current release for the protection of following circuits (instead of terminal box fuse or behind house connection fuse box)	Stromkreisschutzschalter (VS-Schalter), Schutzschalter, der Fehlerspannungsauslöser gegen zu hohe Spannung und Überstromauslöser zum Schutz nachgeordneter Leitungen hat (an Stelle der Verteilungssicherung oder hinter der Hausanschlußsicherung)	مفتاح وقاية لدائرة التيار الكهربائي (مفتاح VS) مفتاح (قاطع) مزود بفاصم جهد الخلل ضد زيادة الجهد الكهربائي ، وفاصم التيار الزائد ، لحماية التوصيلات الكهربائية الموجودة بعده (يستخدم بدلا من مصهر التوزيع أو خلف مصهر مدخل توصيلات الامداد للأبنية) .
١١٥	protection cutout for lines	Leitungsschutzschalter	مفتاح وقاية (فاصم أوتوماتي) للخطوط
١١	shrinkages	Schwindmaße	مقادير الانكماش
٢١٤	drawing sheet size	Zeichenblattgröße	مقاسات لوحات الرسم (الهندسي)
٩٠	reactances in the a.c. circuit	Blindwiderstände im Wechselstromkreis	مقاومات مفاعلة في دائرة التيار المتردد
	current-flow resistance, insulating resistance between two electrodes (resistance between plugs)	Durchgangswiderstand, Isolationswiderstand zwischen zwei Elektroden (Widerstand zwischen Stöpseln)	مقاومة الاختراق مقاومة العزل بين قبطين كهربائيين (مقاومة بين إصبعي وصل)
١٢٧	earth resistance for current flowing	Ausbreitungswiderstand	مقاومة الأرض لانتشار التيار
٧٧	compression strength	Druckfestigkeit	مقاومة الانضغاط (الضغط)
١٣	glow resistance	Glutfestigkeit	مقاومة التوهج
٧٨	bending strength	Biegefestigkeit	مقاومة الحني (الحناية)
٩	surface resistance	Oberflächenwiderstand	مقاومة السطح (مقاومة سطحية)
٧٧	tensile strength	Zugfestigkeit	مقاومة الشد
٣٣	notched-bar strength, work done on a	Kerbschlagfestigkeit, die beim Schlagversuch	مقاومة الصدم للقضيب المثلم (المحزز) :

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
	notched specimen during the notched bar impact test unit: Nm	an einem gekerbten Probestück verbrauchte Arbeit Einheit: Nm	هي الشغل المبذول أثناء اختبار الصدم لعينة الاختبار المحززة، وتقاس بوحدة (Nm)
٣٧	insulation resistance, see current-flow resistance	Isolationswiderstand, s. Durchgangswiderstand	مقاومة العزل (أنظر مقاومة الاختراق)
٧٨	shearing strength	Scherfestigkeit	مقاومة القص
٣٦	arc resistance, by testing it must be determined to which extent an insulating material is participating in the current flow or changed substantially under the influence of an arc. Grades L 1 to L 6, L 1 maximum, L 6 minimum influence of arc	Lichtbogenfestigkeit, durch Prüfung wird festgestellt, wie weit ein Isolierstoff unter Einwirkung eines Lichtbogens an der Stromleitung teilnimmt oder wesentlich verändert wird. Stufen L 1 bis L 6, L 1 größter, L 6 kleinster Einfluß des Lichtbogens	مقاومة القوس الكهربائي: يتم بواسطة الاختبار فحص مدى اشتراك مادة عازلة في توصيل التيار الكهربائي، أثناء وقوعها تحت تأثير قوس كهربائي، أو مدى التغير الحادث لها نتيجة لذلك. ويقدر تأثير القوس الكهربائي بدرجات تتراوح من L 1 إلى L 6، بحيث تناظر L 1 أكبر تأثير للقوس الكهربائي على المادة العازلة و L 6 أقل تأثير له.
٧٧	breaking strength	Bruchfestigkeit	مقاومة الكسر
٧٨	torsional strength	Drehungsfestigkeit	مقاومة اللي
٩	tracking resistance	Kriechstromfestigkeit	مقاومة تسرب التيار الكهربائي
٨٨	internal resistance	innerer Widerstand	مقاومة داخلية
٨٨	internal resistance of a voltage source	Innenwiderstand einer Spannungsquelle	مقاومة داخلية لمصدر الجهد الكهربائي
١٩٨	wire-wound resistor	Drahtwiderstand	مقاومة سلكية
١٩٨	layer resistor	Schichtwiderstand	مقاومة طبقية (مقاومات بشكل طبقات رقيقة تحاط بالموصل)
٤٥، ٨٣	electric resistance 1. electrical appliance for the limitation of the current 2. quotient of voltage and current	elektrischer Widerstand 1. Betriebsmittel zur Begrenzung des Stromes 2. Quotient aus elektrischer Spannung und elektrischem Strom	مقاومة كهربائية ١ - وسيلة تشغيل لتحديد التيار الكهربائي ٢ - خارج قسمة الجهد الكهربائي على التيار الكهربائي
٢٠٠	NTC-resistor	NTC-Widerstand	مقاومة كهربائية، نمط NTC
٢٠٠	PTC-resistor	PTC-Widerstand	مقاومة كهربائية، نمط PTC
٢٠٠	VDR-resistor	VDR-Widerstand	مقاومة كهربائية، نمط VDR
٧٧	strength	Festigkeit	مقاومة، متانة
٢٠٠	voltage-dependent resistor	spannungsabhängiger Widerstand	مقاومة متعلقة بالجهد الكهربائي
٨٣	resistance of a conductor	Widerstand eines Leiters	مقاومة موصّل
١٢٧	specific resistance of ground	spezifischer Widerstand des Erdreiches	مقاومة نوعية لجوف الأرض
٨ ٩ ٩	specific resistance of fluids, of insulating materials	Einheitswiderstand von Flüssigkeiten, von Isolierstoffen	مقاومة نوعية: للسوائل للمواد العازلة

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٢١٤	scales	Maßstäbe	مقاييس الرسم
٩٨ ، ٩٩ ، ١٨٢	rectifier, directional resistance. It allows flow of current in one direction. In opposite direction the resistance is very high (inverse direction)	Gleichrichter, richtungsabhängiger Widerstand. Er gestattet Stromdurchgang in einer Richtung. In ent- gegengesetzter Richtung ist der Widerstand sehr hoch (Sperr-Richtung)	مقوم (موحد) التيار : مقاومة كهربائية محددة الاتجاه ، تسمح بمرور التيار في إتجاه واحد ، وتكون المقاومة كبيرة جدا في الاتجاه المضاد (إتجاه حجز التيار) .
١٨٢ ، ١٨٣	mercury-vapor rectifier	Quecksilberdampfgleichrichter	مقوم ببخار الزئبق
١٨٣	dry-plate rectifier	Trockengleichrichter	مقوم تيار جاف
١٨٣	semiconductor rectifier	Halbleitergleichrichter	مقوم شبه موصل
١٩٠	amperemeter, ammeter	Strommesser	مقياس التيار ، أمبيرمتر ، أميتر
٩٤ ، ٩٥ ، ١٧٠ ، ١٩٩	capacitor, condenser	Kondensator	مكثف كهربائي
١٤٧	electric machine	Elektromaschine	مكنة كهربائية
١٤٣	spectral colour components of light sources	Spektralfarbenanteile von Lichtquellen	مكونات ألوان الطيف لمصادر الضوء المختلفة
٧٣	wheel and axel	Wellrad	ملفاف
	analogous, corresponding to, having similar or identical behaviour	analog, entsprechend, sich ähnlich verhaltend oder sich gleich verhaltend	مناظر ، بسلوك متشابه أو بنفس السلوك
١٥٤	characteristic curves of a three-phase motor	Kennlinien eines Drehstrommotors	منحنيات الخواص لمحرك التيار ثلاثي الأطوار
٩٦	magnetization characteristic curves	Magnetisierungskurven	منحنيات المغنطة
١٣٩	light distribution curves	Lichtverteilungskurven	منحنيات توزيع الضوء (المنحنيات الضيائية)
٩٦	hysteresis curve	Hysteresiskurve	منحنى التخلف المغنطيسي
٤٠	coolants	Kühlmittel	مواد التبريد
٤٠	lubricants	Schmiermittel	مواد التزليق (التزييت أو التشحيم)
٣٢	moulding materials	Formmassen	مواد التشكيل في القوالب
٣٢	phenolic resin moulding compound	Phenolharzpreßmasse	مواد التشكيل في القوالب بالكبس من راتنج فينولي
٣٩	ceramic materials	keramische Werkstoffe	مواد التصنيع الخزفية
١٧	magnetic materials for transformers	magnetische Werkstoffe für Übertrager	مواد التصنيع المغنطيسية للنواقل
	diamagnetical substances, substances with a permeability $\mu<1$ (differs very little from 1). Such materials are expelled of the magnetic field. μ is	diamagnetische Stoffe, Stoffe, deren Permeabilität $\mu<1$ ist (nur sehr wenig). Solche Stoffe werden aus dem Magnetfeld herausgedrängt. μ ist konstant (u.a. alle Gase,	مواد ديامغنطيسية ، مواد إنفاذيتها $\mu<1$ (تختلف عن الواحد صحيح قليلا جدا) ، يتم طردها إلى خارج المجال المغنطيسي . وتكون μ ذات قيمة ثابتة . (من أمثلة هذه

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
	constant (a.o. all gases except oxygen, glass, lead, copper, silver, tin, zinc)	außer Sauerstoff, Glas, Blei, Kupfer, Silber, Zinn, Zink)	المواد جميع الغازات ما عدا الأكسيجين ، وكذلك الزجاج والرصاص والنحاس والفضة والقصدير والخارصين) .
٣٧	laminated pressing materials	Schichtpreßstoffe	مواد رقائقية للتشكيل بالكبس
٣٢	CA and CAB die-casting substances	CA-und CAB-Spritzgußmassen	مواد صب بالحقن ، من نوع CA, CAB
٣٢	insulating materials	Isolierstoffe	مواد عازلة
١٥	casting materials	Gußwerkstoffe	مواد مصبوبات
١٧	casting materials with magnetic properties	Gußwerkstoffe mit magnetischen Eigenschaften	مواد مصبوبات ذات خواص مغنطيسية
٩٦	ferromagnetic materials, materials whose permeability is much greater than 1. They are drawn into a magnetic field and turn to magnets themselves (steel, manganesian copper alloys, cobalt, nickel, a.o.)	ferromagnetische Stoffe, Stoffe, deren Permeabilität viel größer ist als 1. Sie werden in ein Magnetfeld hineingezogen und selbst zu Magneten (Stahl, manganhaltige Kupferlegierungen, Kobalt, Nickel, u.a.)	مواد مغنطيسية حديدية مواد ذات إنفاذية أكبر بكثير من الواحد الصحيح ، يتم جذبها إلى داخل مجال مغنطيسي وتصبح نفسها مغنطيسات (الفولاذ وسبائك النحاس الحاوية على المنجنيز والكوبالت والنيكل ، على سبيل المثال لا الحصر) .
٤٢ ، ٨٢ ، ٨٥ ، ٩٣ ، ٩٤	conductance (electric), active conductance, admittance, susceptance, reciprocal value of ohmic resistance, impedance or reactance	Leitwert (elektrischer), Wirk-, Schein-, Blindleitwert, Kehrwert des ohmschen, Schein- oder Blindwiderstandes	مواصلة (كهربائية) : المواصلة الفعالة والمسامحة والمواصلة المفاعلة هي مقلوب المقاومة الأومية الفعالة ، والمعاوقة ، والمقاومة المفاعلة على الترتيب
٢٠٠	cold conductor	Kaltleiter	موصل بارد (تزداد مقاومته بارتفاع درجة الحرارة)
٣٠	heating conductor	Heizleiter	موصل تسخين
٢٠٠	hot conductor	Heißleiter	موصل ساخن
١٢٦	auxiliary earth pole	Hilfserder	مؤرض مساعد
١٩٧	electric cooker	Elektroherd	موقد كهربائي
١٥٩	direct-current generator	Gleichstromgenerator	مولد التيار المستمر
٦٤	mega	Mega	ميجا ، المضاعف المليوني
٣٨	mica	Glimmer	ميكا
٣٨	micanite	Mikanit	ميكانيت ، عازل من رقائق الميكا واللك
			« ن »
٩ ، ١٣ ، ١٨	copper	Kupfer	نحاس
٢٠	brass	Messing	نحاس أصفر

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٣٠	flat copper	Flachkupfer	نحاس مسطح
٣٨	artificial acetate silk tissue	Acetatseidengewebe	نسيج حرير الخلات الاصطناعي
٣٧	laminated tissue	Hartgewebe	نسيج مصلد
٢١٣	bending radius	Biegehalbmesser	نصف قطر الحني
٦٥	binary number system	Binär-Zahlensystem	نظام الأعداد الثنائية
٦٥	dual system	Dualsystem	نظام ثنائي
٦٧	Pyhtagorean theorem	Lehrsatz von Pythagoras	نظرية فيثاغوراس
٢٤	melting point, temperature at which a solid substance turns into liquid	Schmelzpunkt, Temperaturgrad, bei dem ein fester Körper in den flüssigen Zustand übergeht	نقطة الانصهار : درجة الحرارة التي يتحول عندها جسم صلب إلى الحالة السائلة .
١٧٨	point of solidification, temperature at which a liquid reaches a point of stiffness where it stops flowing under the effect of gravity	Stockpunkt, die Temperatur, bei der eine Flüssigkeit so steif wird, daß sie unter der Einwirkung der Schwerkraft nicht mehr fließt	نقطة التصلب ، نقطة العقد : درجة الحرارة التي يكون عندها السائل جامدا ، بحيث لا يتدفق بتأثير قوة ثقله .
١٧٨	flash point, temperature at which a material separates enough volatile constituents for a combustible mixture with the air (burning point is higher than flash point)	Flammpunkt, diejenige Temperatur, bei der ein Stoff genügend flüchtige Bestandteile ausscheidet, die mit der Luft ein brennbares Gemisch abgeben (Brennpunkt liegt höher)	نقطة الوميض : درجة الحرارة التي تنفصل عندها كميات كافية من المكونات المتطايرة لمادة ما ، تعطي باتحادها مع الهواء خليطا قابلا للاحتراق (نقطة الإحتراق أعلى من نقطة الوميض) .
٧٥	power transmission	Leistungsübertragung	نقل القدرة
٤٦	neper (N)	Neper (Np)	نيبر (Np)
١٨	nickel	Nickel	نيكل
	neutron, elementary particle without charge	Neutron, Elementarteilchen ohne Ladung	نيوترون ، جسيم أولي (أساسي) لا يحمل شحنة كهربائية
٦ ، ٥	neon (Ne), inert gas for filling of neon tubes (red shining)	Neon (Ne), Edelgas zur Füllung von Leuchtröhren (rot leuchtend)	نيون (Ne) : غاز خامل يستخدم لملء الأنابيب الضوئية (يعطي ضوءا أحمر) .

« هـ »

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٨٤	voltage drop, voltage caused by the current at the active resistance of a conductive body	Spannungsabfall, Spannung, die der Strom am Wirkwiderstand eines Leitungsgebildes hervorruft	هبوط الجهد الكهربائي : الجهد الكهربائي الذي يولده التيار في المقاومة الفعالة لجسم موصل .
٤١	hertz, unit of frequency, 1 Hz=1 cycle per second	Hertz, Einheit der Frequenz, 1 Hz=1 Periode in der Sekunde	هرتز : وحدة التردد : 1 Hz = ذبذبة واحدة (دورة) في الثانية .

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٤٢ ، ٤٦	henry (H)	Henry (H)	هنري (H)
			« و »
٤٣ ، ٤٥	watt (W)	Watt (W)	واط
٦٧	hypotenuse in right-angled triangle, the side opposite to the right angle	Hypotenuse im rechtwinkligen Dreieck, die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite	وتر المثلث القائم الزاوية : هو الضلع المقابل للزاوية القائمة .
٤٥	SI-units	SI-Einheiten	وحدات القياس الدولية (وحدات النظام الدولي SI)
٤١	units of electrical quantities	Einheiten elektrischer Größen	وحدات الـكميات الـكهربائية
	regulating unit, variable resistor	Steller, veränderbarer Widerstand	وحدة تنظيم : مقاومة متغيرة
٣٧	hard paper (laminated paper)	Hartpapier	ورق رقائقي مصلد
٣٨	electrical insulating paper	Elektroisolierpapier	ورق العزل الـكهربائي
٧٢	weight	Gewicht	وزن
١٢٩	plug-and socket connection	Steckvorrichtung	وصلة المقبس والقابس
١٧٣	separating link, removable part of a current path which disconnects a circuit dependably discernibly (VDE 0670c)	Trennlasche, herausnehmbares Teil der Strombahn, das einen Stromkreis zuverlässig erkennbar auftrennt (VDE 0670c)	وصلة فصل : جزء قابل للفك من توصيلات التيار ، يفصل دائرة التيار الـكهربائي بأمان ووضوح تام (VDE 0670 c)
١٩٧	electric cooking pot	Elektrokochtopf	وعاء طبخ كهربائي
١١٨	conductors' protection	Leitungsschutz	وقاية خطوط التوصيل
٤٠	fuel	Brennstoff	وقود
٤٢ ، ٩٦	weber (Wb)	Weber (Wb)	ويبر (Wb)

